



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

**Verkehrsmodellierung im UVEK:**

**Evaluierung der nationalen  
Güterverkehrsmodellierung**

## **Impressum**

### **Herausgeber**

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

### **Bearbeitung**

Lutz Ickert (INFRAS)  
Mario Keller (INFRAS)  
Roman Frick (INFRAS)  
Dirk Bruckmann (IVT ETH)  
Clare Jackson (IVT ETH)  
Albert Mancera (IVT ETH)

### **Begleitung (ARE)**

Helmut Honermann (ARE)  
Andreas Justen (ARE)

### **Begleitgruppe**

Martin Babst (BFE)  
Daniel Kilcher (ASTRA)  
Thorsten Klaas-Wissing (HSG)  
Philippe Marti (BFS)  
Felix Reutimann (BAFU)  
Christoph Schreyer (BAV)  
Christoph Stölzle (BAV)  
Nadine Wirnitzer (SBB)

### **Externe Beratung**

Christian Schiller (TUD)

### **Zitierweise**

Bundesamt für Raumentwicklung (2014):  
Verkehrsmodell im UVEK: Evaluierung der nationalen Güterverkehrsmodellierung

### **Bezugsquellen**

[www.are.admin.ch](http://www.are.admin.ch)

04.2014

## INHALT

<b>Kurzfassung</b>	<b>8</b>
<b>Hauptbericht</b>	<b>24</b>
<b>1. Hintergrund</b>	<b>25</b>
<b>2. Vorgehen</b>	<b>26</b>
<b>3. Bedürfnisanalyse</b>	<b>29</b>
3.1. Review	31
3.1.1. Gebrauch güterverkehrsrelevanter Daten	31
3.1.2. Information und Kommunikation	33
3.2. Anwendungsbereiche	35
3.2.1. Treiber zum Güterverkehr	36
3.2.2. Regulativ	38
3.2.3. Energie und Umwelt	40
3.2.4. Infrastrukturen	42
3.3. Rahmenbedingungen	44
3.4. Zwischenfazit	48
<b>4. Methoden und Modelle</b>	<b>52</b>
4.1. Auslegeordnung der Modellansätze und Methoden	56
4.1.1. Verkehrserzeugung	56
4.1.2. Verkehrsverteilung	60
4.1.3. Verkehrsmittelwahl	61
4.1.4. Routenwahl	63
4.1.5. Integrierte Modelle	64
4.1.6. Übersicht	65
4.2. Bestehendes NGVM	66
4.3. Modelle (kommerzielle Anwendungen)	70
4.3.1. Nationale Güterverkehrsmodelle	70
4.3.2. Kommerzielle Software	73
4.4. Gegenüberstellung der Methoden und Modelle zum Bedarf	78
4.5. Zwischenfazit	83

<b>5.</b>	<b>Daten</b>	<b>86</b>
5.1.	Nachfragedaten	87
5.2.	Erzeugungsdaten	94
5.3.	Angebotsdaten	100
5.4.	Modellierungsdaten	102
5.5.	Gegenüberstellung der Datenlage zu Methoden und Modelle	104
5.6.	Zwischenfazit	106
<b>6.</b>	<b>Strategien</b>	<b>108</b>
6.1.	Stossrichtungen	108
6.2.	Ableitung von Strategien	110
6.2.1.	Güterverkehrsmodellierung wie bis anhin	113
6.2.2.	Güterverkehrsmodellierung light 1	115
6.2.3.	Güterverkehrsmodellierung light 2	118
6.2.4.	Güterverkehrsmodellierung modularisiert	121
6.2.5.	Gesamteinschätzung	124
6.2.6.	Vertiefung zu den Perspektiven zum Güterverkehr	126
6.2.7.	Information und Kommunikation zur Güterverkehrsmodellierung	130
<b>7.</b>	<b>Empfehlung</b>	<b>132</b>
<b>Annex</b>		<b>134</b>
	Fragenkatalog Bedürfnisanalyse	134
	Gesprächspartner Bedürfnisanalyse	135
	Bedürfnisanalyse	136
	Modelle	137
	Datenlage	138
	<b>Abkürzungen</b>	<b>139</b>
	<b>Literatur</b>	<b>142</b>

## ABSTRACT

Im Rahmen der nationalen Verkehrsmodellierung im UVEK (VM-UVEK) betreiben ARE, ASTRA und BAV neben dem Nationalen Personenverkehrsmodell (NPVM) auch ein disaggregiertes Modell zum Güterverkehr (NGVM). Methodische und technische Gründe schränken den Anwendungsbereich des NGVM ein, zudem fokussiert es auf den Binnenverkehr. Vor diesem Hintergrund wurde eine Evaluierung der nationalen Güterverkehrsmodellierung angestoßen. Die Evaluierung wurde nach drei Schwerpunkten gegliedert: Analyse des Bedarfs an Fragestellungen zum Güterverkehr, Auslegeordnung zu Methoden und (vergleichbaren nationalen) Modellen inkl. des bestehenden Modells sowie Sichtung der Verfügbarkeit von (modellrelevanten) Daten zum Güterverkehr. Ziel war es, aus der Evaluierung Stossrichtungen und Strategien für die weitere Entwicklung der Nationalen Güterverkehrsmodellierung abzuleiten.

Die Bedarfsanalyse hat gezeigt, dass es einen breiten, künftig gar steigenden Bedarf an strategisch modellierten Daten zum Güterverkehr gibt. Die damit verbundenen Fragestellungen lassen sich grob in solche mit eher aggregiertem Blickwinkel (nationale Ebene, zusammengefasste Marktsegmente) und solche mit stark disaggregiertem Blickwinkel (örtlich eingegrenzt, auf Teilsegmente fokussierend) unterscheiden. Die Betrachtung von Methoden und Modellen hat gezeigt, dass die Komplexität der Wirkungszusammenhänge im Güterverkehr die Möglichkeiten der Modellierung begrenzt – zumindest ist derzeit kein Modell in Sicht, welches gegenüber dem bestehenden, eher disaggregiert arbeitendem NGVM signifikante Vorteile aufweisen würde. Es gibt aber Methoden, welche mit aggregierten Ansätzen vereinfachend einige der übergeordneten Fragestellungen besser abzubilden vermögen als disaggregiert arbeitende Modelle. Die Datenlage lässt sich ähnlich zweiteilen: Für eher übergeordnete Blickwinkel und den dafür infrage kommenden Modellen liegen deutlich mehr Daten vor als für disaggregierte Betrachtungsweisen, wobei Daten mit Prognosecharakter generell nur eingeschränkt verfügbar sind.

Die Einstellung der nationalen Güterverkehrsmodellierung wäre aus Sicht des Bedarfes kontraproduktiv; der Aufbau eines neuen disaggregierten Modells bietet sich ebenfalls nicht an. Daher erscheint es empfehlenswert, im weiteren Umgang zu einer nationalen Güterverkehrsmodellierung eine Strategie zu verfolgen, die modular die aggregierten und disaggregierten Blickwinkel berücksichtigt und dabei das bestehende NGVM einbezieht. Etappenweise könnte mit dem Aufbau eines aggregiert arbeitenden Modells begonnen werden – abgestimmt auf spätere Querbeziehungen zum bestehenden Modell. Dieses ist dann für disaggregierte Betrachtungen zu optimieren. Begleitet werden sollte die Nationale Güterverkehrsmodellierung von einem Betriebskonzept und einer angemessenen Kommunikation zu den Möglichkeiten und Grenzen der Daten, Methoden und Modelle.

## ABSTRACT

Dans le cadre de la modélisation nationale des transports effectuée au DETEC (VM-UVEK), l'ARE, l'OFROU et l'OFT utilisent, outre le modèle national de trafic voyageurs, un modèle désagrégé de transport de marchandises (MNTM). Le champ d'utilisation du MNTM est limité pour des raisons méthodologiques et techniques ; de plus, il est principalement dédié au trafic intérieur. Dans ce contexte, une évaluation de la modélisation nationale du transport marchandises a été lancée. Elle a été structurée selon trois axes principaux : analyse du besoin d'approfondir les problématiques du transport de marchandises, passage en revue des méthodes et des modèles (nationaux, comparables), y compris le modèle existant, éclairage sur la disponibilité de données (pertinentes pour les modèles) relatives au transport de marchandises. L'objectif était de tirer de cette évaluation des directions à prendre et des stratégies concernant le développement de la modélisation nationale du transport de marchandises.

Le premier axe, l'analyse, a montré qu'un large besoin de disposer de données modélisées stratégiquement sur le transport de marchandises existe, et qu'il s'accroîtra. Les problématiques liées à ce domaine se classent en deux grandes catégories selon qu'elles abordent les questions de manière agrégée (niveau national, segments de marché regroupés) ou fortement désagrégée (limitation géographique, concentration sur des segments partiels). Il est ressorti de l'observation des méthodes et modèles que la complexité des interactions présentes dans le domaine du transport des marchandises limite les possibilités de modélisation – du moins, on ne distingue pour l'instant aucun modèle susceptible de présenter des avantages significatifs par rapport au MNTM existant, qui fonctionne plutôt en mode désagrégé. Mais il y a des méthodes reposant sur des approches agrégées qui permettraient, par simplification, de mieux illustrer certaines problématiques de rang supérieur que les modèles fonctionnant en mode désagrégé. Les constats sur les données aboutissent également à un partage en deux groupes : les approches plutôt globales et les modèles correspondants disposent de nettement plus de données que les modes d'observation désagrégés pour lesquels les données à caractère prévisionnel ne sont en général que partiellement disponibles.

Arrêter la modélisation nationale du transport de marchandises serait une option contre-productive au vu des besoins ; la mise sur pied d'un nouveau modèle désagrégé n'est pas à envisager non plus. Il semble donc recommandé, pour la suite à donner à une modélisation nationale du transport de marchandises, de retenir une stratégie qui tienne compte sous forme modulaire à la fois des approches agrégées et désagrégées tout en intégrant le MNTM existant. Il serait envisageable de commencer à mettre sur pied, par étapes, un modèle fonctionnant selon une approche agrégée, à coordonner avec des interdépendances ultérieures avec le modèle existant. Ce nouveau modèle devra ensuite être optimisé pour les considérations désagrégées. La modélisation nationale du transport des marchandises devrait être accompagnée d'une conception d'exploitation et d'une communication appropriée précisant les possibilités et les limites posées par les données, les méthodes et les modèles.

## ABSTRACT

Nel quadro della modellizzazione nazionale dei trasporti al DATEC, l'ARE, l'USTRA e l'UFT non gestiscono solo il modello nazionale del traffico viaggiatori, ma pure un modello disaggregato per il traffico merci. Ragioni tecniche e metodologiche circoscrivono il campo di applicazione del modello disaggregato, focalizzato sul traffico interno. Alla luce di questa premessa è stata effettuata una valutazione dei modelli del traffico merci nazionale, suddivisa in tre punti cardine: analisi del fabbisogno per quel che concerne il traffico merci, analisi sistematica delle metodologie e dei modelli (nazionali equivalenti) incluso il modello esistente e l'esame della disponibilità di dati (rilevanti per il modello) relativi al traffico merci. L'obiettivo della valutazione era ricavare orientamenti e strategie per un ulteriore sviluppo del modello nazionale di traffico merci.

L'analisi del fabbisogno ha rilevato un'ampia e crescente necessità di dati strategici del traffico merci ricostruiti in modelli. Sommariamente si distinguono questioni con prospettive tendenzialmente aggregate (piano nazionale, sintesi dei segmenti di mercato) e questioni con prospettive fortemente disaggregate (localmente limitate, incentrate su segmenti parziali). L'analisi delle metodologie e dei modelli ha evidenziato che la complessità dei rapporti di interdipendenza nel traffico merci limita le possibilità di modellizzazione e che attualmente non si intravede un modello che presenti vantaggi significativi rispetto a quello disaggregato alla base delle valutazioni odierne. Esistono tuttavia metodologie che, semplificando gli approcci aggregati, permettono una migliore rappresentazione delle questioni preminenti rispetto ai modelli disaggregati. Anche i dati a disposizione si possono suddividere in modo analogo: per le prospettive preminenti e i corrispondenti modelli vi sono molti più dati rispetto all'approccio disaggregato, fermo restando che i dati a carattere previsionale sono generalmente disponibili solo in modo limitato.

L'orientamento di un'impostazione del modello nazionale del traffico merci sarebbe controproducente dal punto di vista del fabbisogno; anche la creazione di un nuovo modello disaggregato non è per il momento possibile. Di conseguenza, in relazione a un modello nazionale di traffico merci, è consigliabile perseguire una strategia che consideri in modo modulare le prospettive aggregate e disaggregate e che integri il modello nazionale esistente. Si potrebbe prevedere l'introduzione a tappe di un modello aggregato di riferimento, adattato al modello attuale con le future relazioni trasversali. Questo nuovo modello dovrebbe poi essere ottimizzato per le analisi disaggregate. I modelli nazionali di traffico merci dovrebbero infine essere accompagnati da un piano di implementazione e da un'adeguata informazione in merito alle possibilità e ai limiti dei dati, delle metodologie e dei modelli.

## KURZFASSUNG

Die Kurzfassung fasst die wichtigsten Erkenntnisse der Evaluierung zusammen. Zielpublikum ist eine breite Leserschaft; gleichzeitig dient die Kurzfassung den UVEK-Ämtern als Entscheidungsgrundlage zum weiteren Vorgehen bei der nationalen Güterverkehrsmodellierung. Den an methodischen Details interessierten Lesern bietet der Hauptbericht die Möglichkeit zur Vertiefung.

## HINTERGRUND

Das Bundesamt für Raumentwicklung ARE (Federführung), das Bundesamt für Strassen ASTRA und das Bundesamt für Verkehr BAV betreiben und finanzieren die nationale Verkehrsmodellierung im UVEK (VM-UVEK). Neben dem nationalen Personenverkehrsmodell (NPVM) wurde auch ein nationales Güterverkehrsmodell (NGVM) für den Binnengüterverkehr der Schweiz etabliert, das seit 2012 zur Verfügung steht.

Die bislang mit dem Güterverkehrsmodell gemachten Erfahrungen haben ARE, ASTRA und BAV veranlasst, eine Evaluierung der bestehenden und künftig denkbaren nationalen Güterverkehrsmodellierung vorzunehmen. Darüber hinaus haben auch Fragen zur künftigen Umsetzung der *Perspektiven zum schweizerischen Güterverkehr* die Evaluierung ausgelöst.

Ziel der Evaluierung sind Strategien und eine Empfehlung darüber, wie eine *nationale Güterverkehrsmodellierung* im Rahmen des VM-UVEK aussehen kann. Dabei geht es nicht nur um *ein* Modell, sondern es ist zu beleuchten, welche Methoden und Modelle die Bedürfnisse der Bundesämter hinsichtlich güterverkehrsrelevanter Fragestellungen in welcher Form abdecken können und welche Rolle dabei das bestehende NGVM einnehmen kann. In die Evaluierung sind auch die für solche Modelle überhaupt zur Verfügung stehenden Daten einzubeziehen.

Der Begriff der *nationalen Güterverkehrsmodellierung* ist im Kontext der Evaluierung bewusst breit gefasst worden. Es soll sichergestellt werden, dass eine Vielzahl an Themen resp. Aufgaben mit Bezug zum Güterverkehr aus nationaler Sicht berücksichtigt werden. Das kann bei einem generellen Bedürfnis zu Güterverkehrsdaten anfangen, über interpretierte Informationen zur Entwicklung des Güterverkehrs gehen und bei dezidierten Fragestellungen, zu deren Bearbeitung explizit ein komplexes (so genanntes „disaggregiertes“, sprich: sehr detailliertes, mehrere Teilsegmente umfassendes) Güterverkehrsmodell erforderlich wäre, aufhören.

Güterverkehrsmodellierung im Rahmen VM-UVEK umfasst demnach mehr als nur *ein* Modell im Sinne einer entsprechenden Applikation. So sind dann bspw. auch Arbeiten wie die *Perspektiven zum schweizerischen Güterverkehr* resp. die dafür einzusetzenden Methoden oder Modelle Bestandteil der *nationalen Güterverkehrsmodellierung*.



## VORGEHEN

Zur Ableitung möglicher Strategien im weiteren Umgang mit einer nationalen Güterverkehrsmodellierung umfasst die Evaluierung drei Schwerpunkte:

<b>SCHWERPUNKTE DER EVALUIERUNG</b>	
<b>Gegenstand</b>	<b>Inhalt</b>
Bedürfnisanalyse	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Erfassen, Einordnen und Kategorisieren der güterverkehrsrelevanten Fragestellungen bei den UVEK-Ämtern und weiteren Betroffenen</li> <li>› Einsatz und Erfahrungen mit dem bestehenden NGVM (Review)</li> </ul>
Methoden und Modelle	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Erörterung des bestehenden NGVM</li> <li>› Auslegeordnung grundsätzlicher Methoden zur Modellierung des Güterverkehrs</li> <li>› Übersicht zu vergleichbaren nationalen Güterverkehrsmodellen</li> <li>› Zusammenstellung und Einschätzung kommerziell verfügbarer Modelle</li> <li>› Gegenüberstellung mit den Bedürfnissen</li> </ul>
Daten	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Zusammenstellung und Kategorisierung von potenziell für die Modellierung des Güterverkehrs infrage kommenden Daten</li> <li>› Gegenüberstellung zu den Methoden und Modellen</li> </ul>

**Tabelle Z-1** Übersicht zu den Schwerpunkten der Evaluierung

Aus dem Zusammenschluss der Erkenntnisse von Bedürfnisanalyse, Methoden und Modellen sowie den Daten werden aus theoretisch denkbaren Stossrichtungen Strategien zum weiteren Umgang mit einer nationalen Güterverkehrsmodellierung und dem bestehenden NGVM abgeleitet. Die Evaluierung schliesst mit einer Empfehlung der Autoren ab.

## BEDÜRFNISANALYSE

Zur Erfassung eines Bedarfs an güterverkehrsrelevanten Daten und Informationen wurden mit fünf UVEK-Ämtern entsprechende Gespräche geführt (ARE, ASTRA, BAFU, BAV, BFE). Dazu kam eine die Kantonssicht vertretende Fachstelle sowie die Sicht der Infrastrukturbetreiberin (SBB). Die Gespräche wurden auf der Basis eines entsprechenden Leitfadens und Fragebogens in Form eines offenen Erfahrungsaustausches geführt, so dass ein allzu enges Befragungskorsett vermieden werden konnte.

### Anwendungsbereiche

Die integrale Auswertung der Gespräche hat die für die Ämter relevanten Fragestellungen identifiziert und diese – auch bereits mit Blick auf Modelle und Daten – vier Anwendungsbereichen zugeordnet.

<b>ANWENDUNGSBEREICHE</b>		
<b>Bereich</b>	<b>Inhalt</b>	<b>typische Fragestellungen (Auszug)</b>
Treiber zum Güterverkehr	<ul style="list-style-type: none"> <li>› exogene Treiber, die zu Transportvorgängen führen</li> <li>› endogene Treiber, welche die Abwicklung der Transporte beeinflussen</li> <li>› übergeordnete Entwicklungen und deren Ausprägungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Auswirkungen der Globalisierung resp. der Produktionsstrukturen</li> <li>› Entwicklung und Wirkung von Fahrzeugtechniken und Logistik-Technologien</li> <li>› vergangene und zukünftige Entwicklung der Transportnachfrage</li> <li>› Einfluss der Bevölkerungsentwicklung auf den Güterverkehr (Zuwanderung)</li> <li>› Folgen der Energiestrategien</li> <li>› Terminalstrategien und Umgang damit zur Landesversorgung</li> </ul>
Regulativ	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Auswirkungen von regulativen Massnahmen auf den Güterverkehr resp. die mit ihm verbundenen Implikationen (Energie, Lärm, Luft, Klima, Alpenschutz etc.) in den Bereichen Marktordnung, Gebote/Verbote, Fiskal- und Angebotspolitik</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Einsatz und Folgen von Gigalinern</li> <li>› Nachtfahrverbot im Strassengüterverkehr</li> <li>› Einsatz von Lenkungsinstrumenten wie LSVA, Mineralölsteuer etc.</li> <li>› Wirkungen und Effizienz der Verlagerungspolitik</li> <li>› Schienengüterverkehr in der Fläche</li> <li>› Internalisierung externer Kosten</li> </ul>
Energie und Umwelt	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Folgenabschätzungen sowie Auswirkungen von Massnahmen zur Minderung von Umweltbelastungen (Lärm, Luftschadstoffe, Klimagase, Energie- und Treibstoffbedarf)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Lärm- und Luftschadstoffkataster</li> <li>› Klimamodelle</li> <li>› Monitoring flankierender Massnahmen</li> <li>› Umweltverträglichkeitsprüfungen</li> <li>› Energieperspektiven</li> </ul>
Infrastrukturen	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Auswirkungen infrastruktureller Massnahmen im Bereich Aus-, Um- oder Neubau von Strassen und Schienenstrecken sowie im Verkehrsmanagement</li> <li>› Standortfragen für Logistik- und Transport-relevante Einrichtungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Strategische Entwicklungsprogramme Strasse und Schiene</li> <li>› Programm Engpassbeseitigung</li> <li>› Sanierung Gotthardstrassentunnel</li> <li>› Auswirkungen NEAT</li> <li>› Einrichtung provisorisch erweiterter Zollanlagen</li> </ul>

**Tabelle Z-2** Anwendungsbereiche güterverkehrsrelevanter Fragestellungen aus nationaler und kantonaler Sicht

### Fragestellungen

Die güterverkehrsrelevanten Fragestellungen der vier Anwendungsbereiche lassen sich – auch mit Blick auf die zu deren Beantwortung infrage kommenden Methoden resp. Modelle – zwei Schwerpunkten zuordnen (siehe nachstehende Tabelle). Dazu kommt ein dritter Schwerpunkt mit eher informellem Charakter, dessen Dringlichkeit sich jedoch im Rahmen der Bedürfnisanalyse abgezeichnet hat.

<b>FRAGESTELLUNGEN</b>		
<b>Bedarf</b>	<b>Inhalt</b>	<b>Bezug</b>
Übergeordnete Fragestellungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>› generelle, datentechnisch gesehen eher aggregierte qualitative und quantitative Entwicklungen zum Güterverkehr</li> <li>› aus einer eher nationalen Sicht oder regional zumindest stark zusammengefassten Sicht</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>› <b>Treiber</b> zum Güterverkehr</li> <li>› Wirkungsabschätzungen zu Massnahmen im Bereich <b>Regulativ</b></li> <li>› zum Teil auch noch Wirkungsabschätzungen zum Bereich <b>Energie und Umwelt</b></li> </ul>
Spezifische Fragestellungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>› räumlich, zeitlich oder strukturell stark fokussierter Blickwinkel</li> <li>› mit der Erfordernis, hoch disaggregierte Outputs zu generieren (und damit implizit ebenso hoch disaggregierte Daten-Inputs zu benötigen)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Wirkungsabschätzungen im Bereich <b>Infrastruktur</b> (Aus-, Um- oder Neubau auf Strasse oder Schiene, Implikationen von Logistik- oder sonstigen güterverkehrsrelevanten Standorten)</li> <li>› Wirkungsabschätzungen örtlicher Massnahmen zum Schutz vor Lärm oder Luftschadstoffen im Bereich <b>Energie und Umwelt</b></li> </ul>
Generelles Informationsbedürfnis	<ul style="list-style-type: none"> <li>› welche Daten zum Güterverkehr stehen überhaupt für strategisch orientierte Fragestellungen zur Verfügung</li> <li>› woher stammen diese Daten (Empirie oder Modellierung)</li> <li>› wie sind diese Daten am sinnvollsten für die jeweiligen Fragestellungen einzusetzen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>› betrifft alle Anwendungsbereiche</li> </ul>

**Tabelle Z-3** Übersicht zu den Bedürfnisschwerpunkten

## **Review**

Das bestehende NGVM wurde von den befragten Ämtern in direkter Art und Weise bislang nur sehr begrenzt eingesetzt. Schwerpunkt war die Bereitstellung von Nachfragedaten zur weiteren, indirekten Verwendung in Personenverkehrsmodellen oder zur Darstellung der Ist-Situation auf den nationalen Netzen. Die Komplexität des Modells und der mit dessen Anwendung verbundene Aufwand haben vielfach dazu geführt, dass ein Einsatz gar nicht erst erwägt wurde. Dazu kommen inhaltliche Einschränkungen des bestehenden NGVM: Die für den Güterverkehr bedeutsamen grenzüberschreitenden Transporte (Export und Import, aber auch Transit) sind nicht Bestandteil des Modells; der Schienengüterverkehr wird ebenfalls nicht vollständig erfasst.

## **Fazit der Bedürfnisanalyse**

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass es einen Bedarf an generellen Daten zum Güterverkehr und insbesondere an Erkenntnissen darüber gibt, wie sich der Güterverkehr unter „Wenn-dann-Beziehungen“ verändert resp. weiterentwickelt. Gleichzeitig wurde festgestellt, dass der Bedarf an solchen Daten in entsprechenden politischen Dossiers an Bedeutung zunimmt und weiter zunehmen wird. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit einer nationalen Güterverkehrsmodellierung.

## METHODEN UND MODELLE

Die Sicht in die Welt der Güterverkehrsmodellierung zeigt, dass dieses Thema sehr komplex ist. Die allgemein bekannten Methoden orientieren sich an der Vier-Stufen-Logik der Verkehrsmodellierung (s. Tabelle Z-4). Daran angelehnt decken die kommerziell erwerblichen Anwendungen zumeist nur einen Ausschnitt aus diesen vier Stufen ab. Vergleichbare nationale Güterverkehrsmodelle müssen wie auch das bestehende NGVM einen Kompromiss eingehen, indem sie verschiedene Methoden mit kommerzieller Software umzusetzen versuchen.

### Komplexität und Zielkonflikte

Im Zusammenhang mit den Methoden und Modellen ist vorab anzumerken, dass es gewisse Einschränkungen bei der Modellierung des Güterverkehrs gibt. Der Güterverkehr besitzt einen Grad an Komplexität, welcher einer Vereinfachung der Vorgänge im Rahmen von Modellen nicht unbedingt zuträglich ist. Dies steht dem breiten Bedürfnis nach modellierten Daten sowie der Einschätzung über die Bedeutungszunahme dieses Bedarfs entgegen und führt zu entsprechenden Zielkonflikten im Rahmen einer nationalen Güterverkehrsmodellierung.

### Methoden

Die allfälligen Modellen resp. kommerziellen Anwendungen überhaupt zur Verfügung stehenden Methoden lassen sich dem klassischen Vier-Stufen-Modell der Verkehrsplanung zuordnen.

MODELLEBENEN UND METHODEN		
Ebene	Erläuterung	Methoden
1 Verkehrserzeugung	Welche Verkehrsmenge (Tonnen, Fahrzeuge, Behälter etc.) hat in einer räumlichen Einheit (Verkehrszelle) in einem definierten Zeitraum (Jahr, Monat, Tag, Stunde) seine Quelle bzw. sein Ziel?	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Regressionsmodelle</li> <li>› Zeitreihen</li> <li>› Neuronale Netzwerke</li> <li>› Treiber- und Intensitätsmodelle</li> <li>› Input-Output-Matrizen</li> <li>› Raumgleichgewichtsmodelle</li> </ul>
2 Verkehrsverteilung	Wie sind die Verkehrsmengen in den räumlichen Einheiten miteinander verknüpft? Damit verbunden ist die Erstellung einer Quell-Ziel-Matrix einschliesslich der damit verbundenen Verkehrsmengen (Wunschlinien der Güterverkehrsnachfrage).	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Gravitationsmodell</li> <li>› Input-Output-Matrizen</li> <li>› Raumgleichgewichtsmodelle</li> </ul>
3 Verkehrsmittelwahl	Die Aufteilung der Quell-Ziel-Matrix auf einzelne Verkehrsträger (Modi). Zumeist beinhaltet diese Modellstufe auch eine Aufteilung der Tonnenströme auf Logistiksysteme, womit vielfach eine Modalwahl mit- oder doch zumindest vorbestimmt wird.	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Elastizitätsmodelle</li> <li>› Logit-/Probit-Modelle</li> <li>› Multimodale Netzwerke</li> </ul>
4 Routenwahl	Hier wird die tatsächliche Routenwahl der Verkehrsströme im Verkehrsnetz der einzelnen Verkehrsträger abgebildet.	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Optimale Route</li> <li>› Multimodale Netzwerke</li> </ul>

**Tabelle Z-4** Übersicht zu den Modellebenen entlang des klassischen Vier-Stufen-Modells und geläufigen Methoden

### **Bestehendes NGVM**

Das bestehende NGVM befasst sich ausschliesslich mit dem Binnenverkehr; grenzüberschreitende Relationen mit Import, Export oder Transit sind nicht Gegenstand des Modells. Der disaggregierte Ansatz des Modells gestattet zwar die Bearbeitung einiger spezifischer Fragestellungen. Er deckt jedoch nicht die Beantwortung von Fragen aus den übergeordneten Bereichen ab; insbesondere die Perspektivarbeiten lassen sich mit dem NGVM in der heutigen Form nicht durchführen oder angemessen begleiten.

Hinsichtlich der Nachfrageerzeugung ist beim vorhandenen NGVM mit dem disaggregierten Treibermodell ein Modellansatz gewählt worden, der vor allem bei der Kalibrierung des Modells Schwierigkeiten bereitet und insbesondere bei Fragestellungen, die nicht die Gesamtnachfragematrix betreffen zu grösseren Fehlern führt. Gleichzeitig ist die Prognosefähigkeit des Modells nur dann gegeben, wenn es eine aufwändige Fortschreibung der stark disaggregierten Strukturdaten gäbe und die damit zusammenhängenden Transportintensitäten einzeln beurteilt werden könnten.

Das für die Verkehrsverteilung verwendete Gravitationsmodell ist mit Schwächen vor allem in der Abbildung der strategischen Entscheidungskomponenten im Güterverkehr behaftet. Gleichzeitig sind jedoch bislang keine besseren Modellansätze in der Praxis umgesetzt worden, so dass diese Modellkomponente weiter verwendet werden muss.

Die Verkehrsmittelwahl mittels multimodaler Netzwerke ist auch für die Zukunft geeignet und kann für den Strassengüterverkehr als Grundlage für ein Routenwahlmodell genutzt werden. Hier wäre eine Verbesserung der Modellergebnisse möglich, wenn aus den Ergebnissen der Routenwahlmodelle im Strassen- und Schienengüterverkehr eine Rückkopplung zu den Kostenmodulen des Verkehrsmittelwahlmodells erfolgen würde; diese Rückkopplung würde allerdings die Rechendauer des Modells deutlich verlängern.

Ein explizites Routenwahlmodell ist nicht vorhanden. Beim Strassengüterverkehr ist allenfalls die bei der Verkehrsmittelwahl zur Anwendung gelangende Methodik in ein Routenwahlmodell zu übernehmen. Für das Routing des Schienengüterverkehrs gibt es im NGVM keine Entsprechung.

### **Vergleichbare nationale Güterverkehrsmodelle**

Im Rahmen vergleichbarer nationaler Güterverkehrsmodellierungen wird zumeist zur Verkehrsmittelwahl und zur (dann modalen) Routenwahl tatsächlich auf (disaggregierte) Modelle zurückgegriffen, welche standardisiert sind und i.d.R. im Rahmen entsprechender Programmpakete auch kommerziell vertrieben (und betreut) werden. Die vorgelagerten Stufen der Nachfrageerzeugung und Zielwahl greifen auf verschiedene Methoden zurück, welche dann zumeist mit

eigens dafür angefertigten Anwendungen umgesetzt werden. Diese Art der Modellierung ist vergleichbar zum bestehenden NGVM – es drängt sich damit keine alternative Gesamtmodelllösung auf, welche messbare Vorteile aufweisen würde.

### **Methoden und Modelle für übergeordnete Fragestellungen**

Hierzu bieten sich eine Reihe von aggregierten Methoden an, die entsprechend des auch „nur“ aggregierten Datenbedarfs die Fragestellungen bearbeiten könnten. Dass aggregierte Methoden hier zielführend sein können, haben bspw. die in Deutschland und in Österreich verwendeten Regressions- und Treibermodelle mit wenigen Gutarten gezeigt. Insbesondere regulative Massnahmen, aber auch Entwicklungen auf die Treiber zum Güterverkehr – sowohl mit ausschliesslichem Bezug zur Schweiz wie auch für grenzüberschreitende Verkehre – lassen sich in derartigen Modellen gut abbilden. Für das Problem der methodisch noch nicht gelösten Zielwahl gibt es keine adäquate Lösung im Rahmen von disaggregierten Modellen. Denkbar wäre allenfalls, anstelle der Transportkosten/-zeiten stärker auf Attraktionsvariablen zu setzen.

### **Methoden und Modelle zu (räumlich, strukturell) speziellen Fragestellungen**

Für spezielle Fragestellungen mit räumlich, zeitlich oder strukturell stark fokussierten Massnahmen sind die im Rahmen der Verkehrsmittel- und Routenwahl „bewährten“ Softwarepakete mit ihren disaggregierten Methoden als noch am geeignetsten einzustufen. Dazu gehört auch das bestehende NGVM.

### **Fazit zu den Methoden und Modellen**

Aus der Betrachtung des bestehenden NGVM und der allenfalls potenziellen Alternativen dazu ergibt sich die Erkenntnis, dass kein Modell oder keine kommerziellen Programmpakete in Sicht sind, welche zum bestehenden NGVM einen signifikanten Mehrwert mit sich bringen würden. Mit Blick auf die Schwerpunkte der Fragestellungen bietet sich ein gestufter Modelleinsatz an. Dazu kann ein Modell mit aggregierter Methodik aufgebaut und auf das disaggregierte NGVM abgestimmt werden.

## DATENLAGE

Die Analyse der Datenlage fokussiert auf die Daten, welche aus Sicht Modellierung relevant sein könnten; dass darin (güterverkehrsbeschreibende) Daten eingeschlossen sein können, welche bereits einem generellem Datenbedürfnis entsprechen, ist nicht auszuschliessen.

Im Rahmen der Modellierung lassen sich die Daten in solche mit direktem Bezug und in Daten mit indirektem Bezug zum verkehrlichen Geschehen unterteilen. Erstere beinhalten *verkehrliche* Kenngrössen (Nachfragedaten), letztere dienen der Erklärung von Transportvorgängen mit Kenngrössen *ohne direkten Verkehrsbezug* (Erzeugungsdaten). Dazu kommen als dritte Kategorie Daten mit Bezug zum *Angebot* (Angebotsdaten) und zuletzt noch Daten mit Bezug zum *Verhalten* (Modellierungsdaten).

### Nachfragedaten

Zu den Nachfragedaten existiert eine Reihe entsprechender Quellen, insb. im Rahmen der Verkehrsstatistik des BFS und den entsprechenden Erhebungen. Angesichts des Aufwands zur Aufstellung solcher Datensätze ist der Datenumfang zwar als sehr hoch einzustufen, dennoch wird er disaggregierten Modellen nicht genügen, da der Grad der Differenzierung nicht hoch genug ist (betrifft v.a. Warengruppen resp. Branchen, Transportketten resp. Logistiksysteme); als allenfalls genügend zur Validierung/Kalibration von disaggregierten Modellen lassen sich noch Zähl-daten einstufen. Für aggregierte Modelle jedoch steht ein durchaus beachtliches Set an Nachfragedaten zur Verfügung.

### Erzeugungsdaten

Die zur Modellierung der Güterverkehrsnachfrage infrage kommenden Erzeugungsdaten sind an sich ebenfalls in relativ breitem Umfang vorhanden. Dies gilt aus Modellsicht zumindest für analytisch-retrospektive Modelle. Für strategische Modelle insb. mit prognostischen Fragestellungen ist die Datenbasis jedoch nur als sehr eingeschränkt zu bezeichnen, da mit den *Szenarien zur Bevölkerungsentwicklung* faktisch nur ein Perspektiv-Set zur Verfügung steht, aus dem dann alle anderen Daten abzuleiten resp. „herunterzuberechnen“ sind. Dies gilt umso mehr, je disaggregierter die Modelle arbeiten. Für aggregierte Modelle sollten jedoch diese Daten resp. deren ebenfalls aggregierten Ableitungen genügen.

### Angebotsdaten

Die zur Verfügung stehenden Angebotsdaten beschränken sich auf die bekannten Netzmodelle. Darüber hinaus gehende Daten zur spezifischen Beschreibung logistischer Infrastrukturfunktionen sind zwar durchaus vorhanden, jedoch weder standardisiert noch harmonisiert (Anlagen,

Kapazitäten); gleiches gilt für allfällige beschreibende Daten zur Abbildung von Transportvorgängen insb. mit monetärem Charakter (Preise, Kosten).

### **Modellierungsdaten**

Allfällige Daten zur Parametrisierung resp. Kalibration von Modellen sind im Güterverkehr rar gesät. Grösster Fundus wären hier noch als sogenannte revealed data die empirisch vorhandenen Daten aus der Verkehrsstatistik (Nachfragedaten); stated preference data sind kaum vorhanden und deren Brauchbarkeit im Güterverkehr ist eher einschränkend einzustufen.

### **Fazit zur Datenlage**

Generell ist zu bemerken, dass das Spektrum der zur Güterverkehrsmodellierung zur Verfügung stehenden Daten recht breit ist. Insbesondere die bereits den Güterverkehr beschreibenden Daten stehen in hoher Vielfalt zur Verfügung, wobei die Verfügbarkeit mit ansteigendem Grad der Disaggregation abnimmt.

Mit Blick auf die Bedürfnisanalyse und in Verbindung mit den entsprechenden Modellierungsmöglichkeiten ist zusammenzufassen, dass für Fragestellungen aus den Bereichen Treiber und Regulativ sowie eingeschränkt Energie und Umwelt mit entsprechend aggregiertem Fokus eine Reihe von (Nachfrage-)Daten zur Verfügung stehen. Dies gilt zuallererst für retrospektive Daten; für prospektive Betrachtungen schränkt sich die Datenverfügbarkeit jedoch bereits deutlich ein.

Für räumlich, zeitlich oder strukturell spezielle Fragestellungen insb. aus dem Bereich der Infrastrukturmassnahmen, aber auch aus dem Bereich Energie und Umwelt mit hohen Anforderungen an disaggregierte Betrachtungsweisen stehen nur wenige Daten als Input für die dann anzuwendenden disaggregierten Modelle zur Verfügung. Dies gilt umso mehr, wenn es um prospektive Betrachtungen geht.



## STRATEGIEN

Für die Ableitung von Strategien zum weiteren Umgang mit der nationalen Güterverkehrsmodellierung bleibt aus den drei Schwerpunkten der Evaluation festzuhalten:

- › Es besteht ein breiter **Bedarf** an strategisch modellierten Daten zum Güterverkehr, wobei das Spektrum der Fragestellungen zweigeteilt ist, indem es einerseits übergeordnete Fragestellungen mit eher aggregiertem Blickwinkel (wenige Segmente, nationale Betrachtung) und andererseits spezielle Fragestellungen mit räumlich, zeitlich oder strukturell stark fokussierendem (disaggregierten) Blickwinkel gibt.
- › Das **bestehende NGVM** ist eher für disaggregierte Fragestellungen geeignet und deckt somit nur einen Teil des Bedarfs ab. Einschränkend ist anzumerken, dass neben dem hohen Anwendungsaufwand nur Teilsegmente des Güterverkehrs vom bestehenden NGVM betrachtet werden können; einige wichtige Teilsegmente bleiben aussen vor (Import, Export, Transit sowie die Infrastrukturbelastung des Schienennetzes). Übergeordnete Fragestellungen lassen sich mit dem bestehenden NGVM nicht in angemessener Form bearbeiten; dazu gehört auch die Aufstellung der *Perspektiven zum Güterverkehr* und insb. deren Gebrauch (bspw. in Form von Sensitivitätsrechnungen).
- › **Methodisch** bieten sich gegenüber dem bestehenden NGVM und dessen Funktionalitäten bei disaggregierten Fragestellungen keine signifikant besseren Verfahren oder sogar kommerziell erwerbbar Anwendungen an. Die Komplexität des Güterverkehrs bringt es mit sich, dass zu meist massgeschneiderte Lösungen für Teilbereiche des Bedarfs existieren, eine vollumfängliche Gesamtlösung jedoch nicht möglich ist. Für die übergeordneten Fragestellungen bieten sich Methoden mit dementsprechend aggregiertem Blickwinkel an, die idealerweise einem disaggregierten Modell – wie dem bestehenden NGVM – in einem eigenen, einfacher handhabbaren Modell vorgeschaltet werden könnten.
- › Die **Datenlage** entspricht ebenfalls dieser Zweiteilung zwischen aggregierter und disaggregierter Betrachtung: Für übergeordnete Fragestellungen – und damit für entsprechend vereinfachte Modelle – steht eine beachtliche Anzahl an retrospektiven Daten zur Verfügung; prospektiv schränkt sich die Verfügbarkeit ein, jedoch müssen mit dieser Einschränkung nahezu alle Prognosebetrachtungen jeglicher fachlicher Couleur klar kommen. Je disaggregierter der Blickwinkel der Fragestellungen und der dazu einzusetzenden Modelle wird, desto dünner wird auch die (retrospektive) Datenlage; prospektiv gibt es dazu keine Grundlagen.

### Stossrichtungen

Theoretisch sind aus heutiger Sicht zum weiteren Umgang mit der nationalen Güterverkehrsmodellierung drei unterschiedliche Stossrichtungen denkbar.

STOSSRICHTUNGEN	
Richtung	Inhalt
Einstellung	<ul style="list-style-type: none"> <li>› keine weitere nationale Güterverkehrsmodellierung</li> <li>› Konzentration auf den Personenverkehr im Rahmen VM-UVEK</li> <li>› Abschreibung des bestehenden NGVM</li> </ul>
Neubeschaffung	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Neukonzeption der nationalen Güterverkehrsmodellierung</li> <li>› Investition in ein völlig neues Modell</li> <li>› Abschreibung des bestehenden NGVM</li> </ul>
Diversifizierung	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Weiterführung der nationalen Güterverkehrsmodellierung</li> <li>› gestufte Umsetzung von Modellen in Abstimmung auf die Bedürfnisse</li> <li>› gezielte Weiterführung des bestehenden NGVM</li> </ul>

**Tabelle Z-5** Übersicht zu den Stossrichtungen im weiteren Umgang mit einer nationalen Güterverkehrsmodellierung aus heutiger Sicht

Aus diesen drei theoretisch denkbaren Stossrichtungen lassen sich mit Blick auf die Bedürfnisanalyse und den allenfalls alternativ zum bestehenden NGVM verfügbaren Modellen zwei Stossrichtungen von vornherein ausscheiden:

- › Die Einstellung der Güterverkehrsmodellierung auf nationaler Ebene läuft dem Bedürfnis an Informationen resp. Daten (seien es uninterpretierte, bereits bearbeitete oder interpretierte) zur Bearbeitung entsprechender Fragestellungen sowie der einhelligen Einschätzung zu deren Bedeutungszunahme im Rahmen entsprechender politischer Dossiers diametral entgegen.
- › Eine vollständige Neubeschaffung bietet sich nicht an, da es keine Modelle resp. Programmpakete gibt, die gegenüber dem bestehenden NGVM eine signifikante Verbesserung darstellen würden.

### Strategien

Mit dem Ausschluss der ersten beiden Stossrichtungen verbleibt die Stossrichtung der Diversifizierung. Mit ihr sind Strategien aufzustellen, welche das bestehende NGVM berücksichtigen und es allenfalls um weitere Modelle ergänzen. Diese Modelle sollten insbesondere in der Lage sein, solche Fragestellungen bearbeiten zu können, die mit dem bestehenden Modell nicht oder nur sehr aufwändig zu beantworten sind.

<b>STRATEGIEN</b>			
<b>Strategie</b>	<b>Kurzbeschreibung</b>	<b>Erstellungs-</b>	<b>Betriebs-</b>
		<b>aufwand</b>	<b>aufwand p.a.</b>
		in Personentagen	
wie bis anhin	<ul style="list-style-type: none"> <li>› in erster Linie Resourcingstrategie, d.h. Verwendung des vorhandenen Güterverkehrsmodells mit dem Einsatz entsprechend notwendiger (personeller und fachlicher) Ressourcen</li> <li>› unabhängig allfällig aufzubauender aggregierter Modelle</li> </ul>	30 – 50	50 – 75
light 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Minimalvariante</li> <li>› keine Modellierung</li> <li>› aber: Vorhaltung und Pflege eines Daten-Sets in Anlehnung an den Umfang der <i>Perspektiven zum Güterverkehr</i> als Input für entsprechende Fragestellungen</li> <li>› UVEK-interne Koordinierungsfunktion</li> <li>› allenfalls erste Etappe für die modularisierte Strategie</li> </ul>	20 – 30	20 – 40
light 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Modellierung mit aggregierten Methoden</li> <li>› anwenderfreundlich umgesetzt in Standardprogrammen (Tabellenkalkulation, Datenprogrammen)</li> <li>› aufbauend auf „light 1“ allenfalls zweite Etappe für die modularisierte Strategie</li> <li>› Begleitung der Perspektivarbeiten</li> <li>› aber: (noch) keine disaggregierte Modellierung, d.h. keine Verwendung des bestehenden NGVM (allenfalls später einbeziehbar =&gt; „modularisiert“)</li> </ul>	50 – 80  (beinhaltet den Aufwand zu „light 1“)	20 – 50
modularisiert	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Modellierung mit aggregierten und disaggregierten Methoden durch Kopplung eines aggregierten Modells mit dem bestehenden NGVM</li> <li>› basierend auf „light 1“ und „light 2“ sowie unter Verwendung von Teilen (Modulen) des bestehenden Güterverkehrsmodells (mit Schnittstelle zwischen aggregiertem Modell und bestehendem NGVM)</li> <li>› punktuelle, stufenweise Ergänzungen an einzelnen Modellstufen (insb. Nachfrage/Zielwahl durch vorgelagertes aggregiertes Modell aus der Strategie „light 2“ und allenfalls auch beim Routing)</li> </ul>	100 – 150  (beinhaltet den Aufwand zu „light 1“ und „light 2“)	80 – 120

**Tabelle Z-6** Übersicht zu den innerhalb der diversifizierenden Stossrichtung naheliegendsten Strategien einer nationalen Güterverkehrsmodellierung im Rahmen VM-UVEK

## Vergleich

Der Vergleich dieser vier Strategien zeigt, dass ein etappiertes Vorgehen mit dem Ziel einer „modularisierten“ Strategie die meisten Vorteile verspricht. Zwar sind damit kurzfristig gesehen die grössten Erstellungsaufwändungen verbunden, allerdings sind diese in ein Verhältnis zu den Aufwändungen zu setzen, welche sich bei den einzelnen Ämtern ergeben würden, müssten sie ihre Fragestellungen ohne entsprechende Modellunterstützung bearbeiten (resp. extern bearbeiten lassen) und koordinieren.

<b>VERGLEICH</b>		
<b>Strategie</b>	<b>Vorteile</b>	<b>Nachteile</b>
wie bis anhin	<ul style="list-style-type: none"> <li>› bisherige Arbeiten und Erkenntnisse zum NGVM waren nicht umsonst</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>› deckt mit vergleichsweise hohem Aufwand einen nur geringen Teil des Bedarfs ab</li> <li>› Perspektivarbeiten sind nicht angemessen durchzuführen, ebensowenig wie übergeordnete Fragestellungen</li> <li>› es bleibt bei den Mängeln des NGVM (Komplexität, Ressourcing, know-how-Bedarf, keine Betrachtung von Import, Export, Transit und Teilen des Schienengüterverkehrs)</li> </ul>
light 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>› kann einen gewissen Bedarf an grundlegenden, nicht modellierten Daten aus Sicht VM-UVEK bereitstellen (v.a. in den Anwendungsbereichen Treiber, Regulativ)</li> <li>› Vorstufe eines etappierten Vorgehens für „light 2“ und „modularisiert“</li> <li>› vergleichsweise geringer Aufwand für Etablierung und Betrieb</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>› keine Modellierung (zumind. nicht inhouse)</li> <li>› sämtliche strategisch orientierten Fragestellungen blieben unbeantwortet resp. müssten (mit entspr. Aufwänden und UVEK-intern mit begleitender Koordination) extern bearbeitet werden</li> <li>› Fragen rund um die Perspektivarbeiten wären weiterhin extern zu beantworten</li> </ul>
light 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>› deckt Bedarf für übergeordnete Fragestellungen ab (Anwendungsbereiche Treiber, Regulativ und tlw. bei Energie und Umwelt)</li> <li>› Fragen/Sensitivitäten zu den Perspektivarbeiten wären unkompliziert bearbeitbar</li> <li>› durch das integrierte Datenset aus „light 1“ gute Grundlage zur Information und Kommunikation</li> <li>› als zweite Etappe Vorstufe für ein etappiertes Vorgehen zur „modularisierten“ Strategie und damit einer späteren Einbindung des bestehenden NGVM</li> <li>› gut geeignete Stufe, um den internen know-how-Aufbau zu unterstützen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>› keine Beantwortung von speziellen Fragestellungen mit disaggregierten Blickwinkeln (Anwendungsbereiche Infrastruktur und tlw. Energie und Umwelt)</li> <li>› bestehendes NGVM würde (vorerst noch) ungenutzt bleiben</li> <li>› mittlerer Investitionsbedarf und Bedarf an personellen und auch fachlichen Ressourcen</li> </ul>
modularisiert	<ul style="list-style-type: none"> <li>› deckt Bedarf für übergeordnete Fragestellungen ab (Anwendungsbereiche Treiber, Regulativ und tlw. bei Energie und Umwelt)</li> <li>› Fragen/Sensitivitäten zu den Perspektivarbeiten wären unkompliziert bearbeitbar</li> <li>› deckt Bedarf für spezielle Fragestellungen grösstenteils ab – je nach Optimierung des bestehenden NGVM (betrifft die Anwendungsbereiche Infrastrukturen und tlw. Energie und Umwelt)</li> <li>› das bestehende NGVM würde weitergeführt, sprich: nicht ungenutzt bleiben</li> <li>› etappierbar (dritte Etappe nach „light 1/2“)</li> <li>› durch das integrierte Datenset aus „light 1“ gute Grundlage zur Information und Kommunikation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>› vergleichsweise höchster Aufwand für Etablierung und Betrieb; benötigt Ressourcen und know-how im Rahmen VM-UVEK</li> <li>› aus heutiger Sicht bleiben gewisse Unsicherheiten bei der Optimierung des NGVM hinsichtlich Machbarkeit und Aufwand</li> </ul>

**Tabelle Z-5** Vergleich zu den denkbaren Strategien einer nationalen Güterverkehrsmodellierung im Rahmen VM-UVEK

### **Kommunikation**

Neben den Strategien zur Güterverkehrsmodellierung hat sich ein genereller Bedarf nach Informationen zu den mit einer Modellierung verbundenen Daten ergeben. Dazu wäre ein Vorgehen aufzustellen, das in Abstimmung mit der jeweiligen Strategie beschreibt, wo welche Daten für welche Art der Verwendung vorliegen und wie das NGVM resp. das VM-UVEK diesen Datenbedarf resp. die Bearbeitung der dahinter stehenden Fragestellungen unterstützen kann. Damit wird sichergestellt, dass die Ämter und Fachstellen die für ihre Fragestellungen geeigneten Daten bedarfsgerecht einsetzen. Fragen, welche in die Zuständigkeit des BFS fallen, werden entsprechend weitergeleitet.

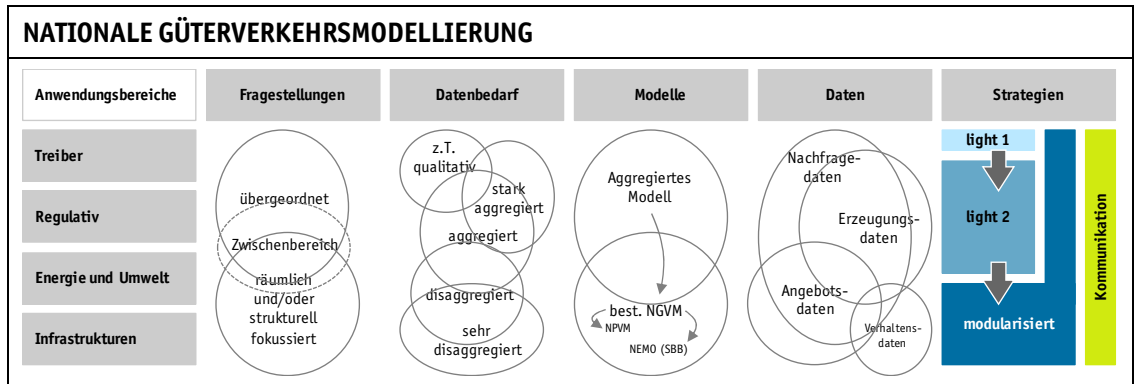
### **Vertiefung zu den Perspektiven zum Güterverkehr**

Die *Perspektiven des schweizerischen Güterverkehrs* sollen eine Vorstellung über die künftige Entwicklung des Güterverkehrs geben. Dies beinhaltet sowohl qualitative wie auch quantitative Aussagen. Sie sind vergleichbar mit den ähnlich gelagerten *Perspektiven zum Personenverkehr*. Zusammen geben beide ein Bild darüber ab, wie sich die Gesamtverkehrssituation langfristig gesehen entwickeln kann, und welche Treiber hinter diesen Entwicklungen stehen.

Mit dem bestehenden NGVM konnten entsprechende Fragestellungen rund um die Perspektivarbeiten nicht beantwortet werden; hierzu ist die disaggregierte Methodik des NGVM nur sehr eingeschränkt brauchbar. Für die Perspektiven genügt die Anwendung eines aggregierten Modells in Abstimmung auf ein, dem Umfang der Perspektivarbeiten entsprechenden, Datenset. Daher erscheint es angebracht, in Abstimmung auf die Strategie „light 2“ oder „modularisiert“ mit dem Aufbau eines entsprechend aggregierten Modells die Perspektivarbeiten zu unterstützen. Dieses Modell könnte dann auch während der „Gültigkeitsdauer“ der jeweiligen Perspektiven zur Begleitung allfälliger weiterer Fragestellungen, zu deren Bearbeitung die Perspektivarbeiten benötigt würden, eingesetzt werden.

### **Fazit zu den Strategien**

Mit den vorgeschlagenen Strategien lassen sich in gestufter Art und Weise zuerst übergeordnete Fragestellungen (der Anwendungsbereiche Treiber, Regulativ und eingeschränkt Energie und Umwelt) mit einem aggregierten Modell v.a. auf der Basis der dafür tatsächlich zur Verfügung stehenden Nachfrage- und Erzeugungsdaten bearbeiten. Im Anschluss sind mit disaggregierten Methoden auf der Basis des bestehenden NGVM räumlich, zeitlich und strukturell spezielle Fragestellungen (der Anwendungsbereiche Energie und Umwelt sowie v.a. Infrastrukturen) in Abstimmung auf die aggregierten Entwicklungen bearbeitbar; die Figur Z-1 stellt diese Zusammenhänge schematisch dar.



**Figur Z-1** Schematische zusammenfassende Darstellung der Aspekte einer nationalen Güterverkehrsmodellierung bis hin zur Empfehlung entsprechender Strategien

## EMPFEHLUNG

Die Autoren der vorliegenden Evaluierung empfehlen dem VM-UVEK, eine nationale Güterverkehrsmodellierung weiterzuführen. Eine Einstellung ist angesichts des Daten-Bedarfs resp. der dahinter stehenden Fragestellungen und der Bedeutung des Güterverkehrs keine Option. Aber auch eine Neukonzeption verspricht keinen signifikanten Mehrwert gegenüber den bestehenden Instrumenten. Daher liegt eine diversifizierende Vorgehensweise am nächsten, indem mit einer **modularisierten Strategie** das bestehende NGVM etappiert erweitert wird:

- › zu starten wäre mit der Etablierung eines Datensets (Strategie „light 1“),
- › darauf aufbauend kann ein vereinfachtes Modell mit aggregierten Methoden auf der Basis von Standardprogrammen erstellt werden (Strategie „light 2“),

=> es wird empfohlen, als nächsten Schritt im Rahmen der nationalen Güterverkehrsmodellierung diese gemeinsame Umsetzung von Datenset und aggregiertem Modell anzugehen,

- › daran andockend können die Modellstufen des bestehenden NGVM an dieses aggregierte Modell angepasst (Definition und Aufbau einer Schnittstelle) und v.a. zur disaggregierten Betrachtung bei Verkehrsmittel- und Routenwahl eingesetzt werden.

Im Zusammenhang mit der Umsetzung der modularisierten Strategie wird empfohlen, der Güterverkehrsmodellierung ein entsprechendes **Betriebskonzept** zur Seite zu stellen. Darin ist zu klären, welche Fragestellungen mit welchem Modell und insb. von welcher Stelle und allenfalls zu welchen Zeitpunkten zu bearbeiten sind.

Ein solches Betriebskonzept kann dann auch ein Baustein für ein passend auszuarbeitendes Vorgehen zur **Kommunikation** im Rahmen NGVM darstellen. In Abstimmung auf den Stand der Güterverkehrsmodellierung ist den davon betroffenen Fachstellen resp. Ämtern zu vermitteln, welche Daten vorhanden und wie einzusetzen sind; die bestehende Aufgabenteilung mit dem BFS ist dabei zu beachten.

Fast unabhängig von der schlussendlich umgesetzten Strategie bleibt festzuhalten, dass dies nicht ohne entsprechende fachliche und personelle Ressourcen beim VM-UVEK wird erfolgen können. Eine erste grobe Abschätzung zum betrieblichen Aufwand lässt einen Umfang von bis zu 120 Personentagen pro Jahr erwarten; zur Etablierung aller drei Stufen (Datenset, aggregiertes Modell und Schnittstelle zum NGVM) ist ein einmaliger Aufwand von bis zu 150 Personentagen zu erwarten.

## HAUPTBERICHT



## 1. HINTERGRUND

Das Bundesamt für Raumentwicklung ARE (Federführung), das Bundesamt für Strassen ASTRA und das Bundesamt für Verkehr BAV betreiben und finanzieren die nationale Verkehrsmodellierung im UVEK (VM-UVEK). Neben dem nationalen Personenverkehrsmodell (NPVM) wurde auch ein nationales Güterverkehrsmodell (NGVM) etabliert, das seit 2012 zur Verfügung steht.

Die bislang mit dem Güterverkehrsmodell gemachten Erfahrungen fallen ernüchternd aus. Vor diesem Hintergrund haben ARE, ASTRA und BAV eine Evaluierung der bestehenden und künftig denkbaren nationalen Güterverkehrsmodellierung angestossen. Ziel ist es, die möglichen Aufgabenfelder der nationalen Güterverkehrsmodellierung gesamthaft zu untersuchen, um den Rahmen für mögliche Modelle und das bestehende NGVM abzugrenzen. Darüber hinaus haben auch Fragen zur künftigen Umsetzung der *Perspektiven zum schweizerischen Güterverkehr* die Evaluierung ausgelöst.

**Ziel** der Evaluierung ist eine Empfehlung darüber, wie eine *nationale Güterverkehrsmodellierung* aussehen kann und welche Rolle das bestehende NGVM dabei spielt. Als Grundlage der Empfehlung sollen im Rahmen der Evaluierung denkbare **Strategien** für eine nationale Güterverkehrsmodellierung aufgestellt werden.

Der Begriff der *nationalen Güterverkehrsmodellierung* ist im Kontext der Evaluierung bewusst breit gefasst worden. Es soll sichergestellt werden, dass eine Vielzahl an Themen resp. Aufgaben mit Bezug zum Güterverkehr aus nationaler Sicht berücksichtigt werden. Das kann bei einem generellen Bedürfnis zu Güterverkehrsdaten anfangen, über interpretierte Informationen zur Entwicklung des Güterverkehrs gehen und bei dezidierten Fragestellungen, zu deren Bearbeitung explizit ein komplexes (disaggregiertes) Güterverkehrsmodell erforderlich wäre, aufhören. Güterverkehrsmodellierung im Rahmen VM-UVEK umfasst demnach mehr als nur *ein* Modell im Sinne einer entsprechenden Applikation. So sind dann bspw. auch Arbeiten wie die *Perspektiven zum schweizerischen Güterverkehr* resp. die allenfalls dafür einzusetzenden Methoden oder Modelle Bestandteil der *nationalen Güterverkehrsmodellierung*.

## 2. VORGEHEN

Zur Ableitung von Strategien für eine nationale Güterverkehrsmodellierung im Rahmen VM-UVEK wurden zwei Eckpunkte identifiziert, die das Vorgehen vorgeben: Einerseits die Anforderungen an eine nationale Güterverkehrsmodellierung und auf der anderen Seite die Möglichkeiten zur Modellierung.

Die Anforderungen sollen mit einer **Bedürfnisanalyse** erfasst werden. Diese Bedürfnisanalyse fokussiert auf Fragestellungen zum Güterverkehr, die eine nationale Sichtweise einnehmen. Daher erschien es sinnvoll, hier die Ämter auf Bundesebene einzubeziehen, bei denen entsprechende Aufgaben anliegen. Im Rahmen von Interviews, welche mit einem einheitlichen Gesprächsleitfaden und einem konkreten Fragebogen vorbereitet wurden, wurde mit jedem der in Frage kommenden Ämter einzeln der entsprechende Bedarf identifiziert. Dieser Bedarf wurde im Nachgang nach Anwendungsbereichen sortiert.

Zur Erfassung der Möglichkeiten zur Modellierung wurden zwei Schwerpunkte gesetzt: Modelle und Daten. Zu den **Modellen** wurde vorab in einer Auslegeordnung erfasst, welche generellen Methoden in der Güterverkehrsmodellierung bestehen. Die praktischerweise verfügbaren, d.h. kommerziell vertriebenen Modelle wurden gesichtet und eine Auswahl davon näher betrachtet. Diese Modelle wurden hinsichtlich der in ihnen verwendeten Methoden, dem entsprechenden Datenbedürfnis und ihres Outputs mit Blick auf ihre Eignung für eine nationale Güterverkehrsmodellierung eingeschätzt; dabei wurde auch das im VM-UVEK bestehende (disaggregierte) Modell einbezogen.<sup>1</sup> Zusätzlich und beispielhaft wurde erfasst, wie andere Länder mit einer vergleichbaren nationalen Güterverkehrsmodellierung umgehen.

Bei den **Daten**<sup>2</sup> wurde die Datenlage zum potenziellen Input zur Güterverkehrsmodellierung erfasst. Dabei wurde unterschieden zwischen Nachfragedaten (und damit generell nach Daten zum Güterverkehr) und den Daten, welche allenfalls für eine Modellierung als Input Verwendung finden. Dies betrifft v.a. Daten zur (modellhaften) Erzeugung einer Güterverkehrsnachfrage (Erzeugungsdaten), Daten zur Abbildung des Angebots im Güterverkehr (Angebotsdaten) und zur Umsetzung von funktionalen Zusammenhängen (Modellierungsdaten).

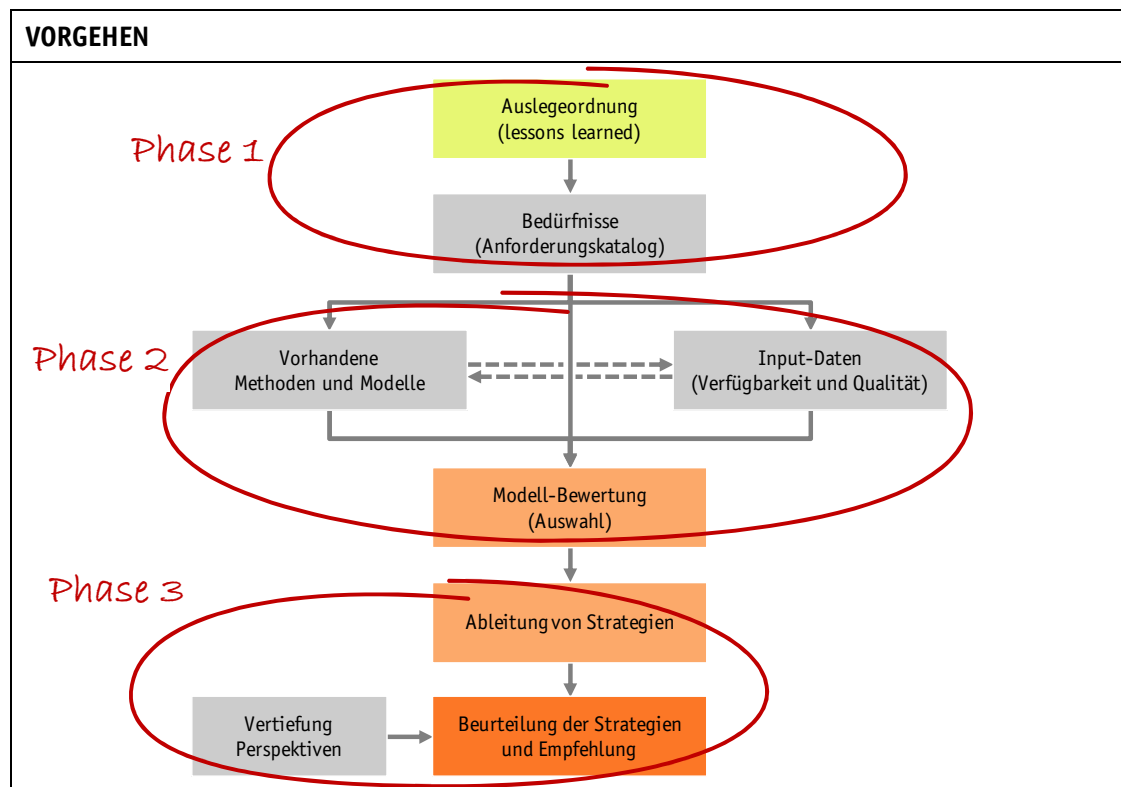
Sowohl Modelle wie auch Daten wurden mit der Bedürfnisanalyse überlagert. In Verbindung mit den grundsätzlich theoretisch denkbaren Stossrichtungen einer nationalen Güterverkehrs-

<sup>1</sup> Details zum bestehenden NGVM sind auf der Website des ARE unter Themen => Verkehrspolitik => Güterverkehr => Nationales Güterverkehrsmodell abrufbar; Direktlink mit Stand vom Januar 2014:  
<http://www.are.admin.ch/themen/verkehr/00258/00520/index.html>.

<sup>2</sup> Der Begriff der „Daten“ bezieht sich in diesem Bericht immer auf uninterpretierte Werte, Zahlen oder Fakten – im Gegensatz zu bereits interpretierten Informationen. Es geht v.a. um die Verfügbarkeit und Verwendbarkeit von Daten für Modelle.

modellierung wurden entsprechende **Strategien** abgeleitet. Abschliessend wurde auf Basis einer Bewertung der Strategien eine Empfehlung aufgestellt.

Entsprechend dieser Vorgehensweise gliedert sich die Evaluierung der nationalen Güterverkehrsmodellierung in drei Phasen:



Phasen	Erläuterung
1: Review und Bedürfnisanalyse	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Erfassen der wichtigsten Nutzer/Anwender(gruppen) und ihrer Fragestellungen</li> <li>› Bedürfnisse resp. Anforderungen potenzieller Anwender</li> <li>› Einsatz und Erfahrungen mit dem NGVM</li> </ul>
2: Methoden und Modelle; Daten	<ul style="list-style-type: none"> <li>› kurze Erörterung des vorliegenden NGVM; inkl. allfälliger Migrationsmöglichkeiten</li> <li>› Zusammenstellung grundsätzlicher Methoden zur Modellierung des Güterverkehrs</li> <li>› Zusammenstellung und Einschätzung kommerziell verfügbarer Modelle</li> <li>› Übersicht zur Verfügbarkeit und Eignung von Daten zum Güterverkehr und Daten zur Modellierung des Güterverkehrs</li> </ul>
3: Strategien	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Stossrichtungen zur Aufstellung denkbarer Strategien</li> <li>› Formulierung und Bewertung der Strategien</li> <li>› Vertiefung zu den <i>Perspektiven des schweizerischen Güterverkehrs</i></li> <li>› Empfehlung zum weiteren Vorgehen</li> </ul>

Figur 1 Vorgehen zur Evaluierung der nationalen Güterverkehrsmodellierung

Der vorliegende Bericht ist entsprechend des oben skizzierten Vorgehens gegliedert. Er startet mit der Bedürfnisanalyse (Kapitel 3 ab Seite 29), zeigt dann die Möglichkeiten hinsichtlich alternativer Modelle auf (Kapitel 4 ab Seite 52; einschliesslich einer Auslegeordnung zu den wichtigsten Methoden für eine Güterverkehrsmodellierung) und gibt im Anschluss einen Überblick zur Datenlage aus Sicht der von den Modellen benötigten Inputs (Kapitel 5 ab Seite 86).

Jedes dieser drei Kapitel wird mit einem Zwischenfazit beendet, welches zum Schluss die wichtigsten Implikationen betreffend allfälliger Strategien einer nationalen Güterverkehrsmodellierung ableitet. Darüber hinaus sind zwischen Bedürfnisanalyse und Methoden resp. Modellen (Kapitel 4.4 ab Seite 78) sowie zwischen Methoden resp. Modellen und Daten (Kapitel 5.5 ab Seite 104) sogenannte Scharnierkapitel eingefügt, welche den Bezug zwischen den jeweiligen Betrachtungen herstellen; die sich daraus ergebenden Erkenntnisse sind in die nachfolgenden Zwischenfazits eingeflossen.

Aus den Zwischenfazits und dessen Implikationen werden die Konsequenzen für die grundsätzlich theoretisch denkbaren drei Stossrichtungen gezogen (Einstellung der Güterverkehrsmodellierung, Neuaufbau der Güterverkehrsmodellierung oder punktuelle Ergänzung der bestehenden Instrumente). Die mit der entsprechenden Stossrichtung verbundenen Strategien werden im Anschluss dargestellt und eingeschätzt; dazu gehört eine Einordnung allfälliger Arbeiten zum weiteren Umgang mit den *Perspektiven zum schweizerischen Güterverkehr*. Der Bericht schliesst mit einer Empfehlung.

### 3. BEDÜRFNISANALYSE

Mit der **Bedürfnisanalyse** sollen die wichtigsten Anforderungen an eine nationale Güterverkehrsmodellierung erfasst werden. Im Rahmen der Bedürfnisanalyse erfolgt vorerst eine umfassende Aufnahme denkbarer Fragestellungen resp. Anwendungsbereiche; die Eingrenzung auf das dann tatsächlich Machbare erfolgt weiter unten im Bericht bei der Überlagerung der Bedürfnisanalyse mit den Modellen und Daten (Kapitel 4.4 und 5.5).

#### **Einzubeziehender Nutzer- und Anwenderkreis**

Als Nutzer werden im Rahmen der Evaluierung die Fachstellen bezeichnet, welche sich aus einer nationalen Güterverkehrsmodellierung Antworten auf Fragen in güterverkehrsrelevanten Bereichen erhoffen. Sie nutzen also Daten und Werkzeuge einer *nationalen Güterverkehrsmodellierung* zur Beantwortung von inhaltlichen Fragestellungen.

Der Anwenderbegriff löst sich somit von den Stellen, welche die entsprechenden Fragestellungen dann tatsächlich bearbeiten und dazu bei Bedarf allfällige Modelle anwenden (insb. Geschäftsstelle VM-UVEK oder externe Dritte). In Abstimmung mit dem Auftraggeber (ARE) und den zur Verfügung stehenden Mitteln wurde beschlossen, den Fokus der Bedürfnisanalyse auf diesen, die eigentliche Modellanwendung auslösenden Nutzerkreis zu legen.

Zusammen mit dem ARE wurden daraufhin die wichtigsten, potenziell mit Fragestellungen rund um den Güterverkehr beschäftigten Stellen identifiziert. Es handelt sich dabei v.a. um UVEK-Ämter (ARE, ASTRA, BAFU, BAV, BFE). Darüber hinaus wurden die Kantone und die SBB als Infrastrukturbetreiberin in die Bedürfnisanalyse einbezogen. Eine Liste aller Gesprächspartner ist im Anhang enthalten.

#### **Einzel-Gespräche zur Bedürfnisanalyse**

Zur Erfassung der Bedürfnisse stehen theoretisch zwei Wege offen: Eine schriftliche Befragung oder direkte Gespräche (Interviews). Zur Erfassung der Bedürfnisse im Rahmen der doch sehr komplexen Thematik des Güterverkehrs erschienen direkte Gespräche mit den Nutzern von Vorteil. Dies insbesondere auch, um solche Punkte herauszuarbeiten, die den entsprechenden Stellen aus ihrer Anwendersicht besonders wichtig zu sein scheinen.

Ziel dieser Gespräche war es, die spezifischen Anforderungen der einzelnen Ämter an eine nationale Güterverkehrsmodellierung herauszuarbeiten. Die sieben Gespräche mit insgesamt 14 Personen (4 vom ARE, 10 ausserhalb des ARE) liefen alle nach einem einheitlichen Muster ab und besaßen dabei folgende Schwerpunktsetzung:

1. **Review**, warum bislang das vorliegende NGVM nicht oder nur unzureichend genutzt wurde.
2. Erfassen denkbarer Fragestellungen (**Anwendungsbereiche**), welche bei den Ämtern vorliegen und welche entweder eine direkte Anwendung eines NGVM implizieren oder auf vorliegende Resultate aus einem NGVM zurückgreifen müssten.
3. Einholen allfälliger sonstiger technischer oder betrieblicher **Rahmenbedingungen** zum Einsatz eines NGVM (Operationalisierung, Umfang und Form des Outputs, Schnittstellen).

Diese Schwerpunktsetzung wurde mit einem einheitlichen **Fragenkatalog** vorbereitet (siehe Anhang). Der Fragenkatalog wurde den Gesprächspartnern vorab zugestellt. Dennoch war das Gespräch – gewollt – breit angelegt und hinsichtlich der Themen variabel und offen gestaltet. Damit gab der Fragenkatalog kein allzu einengendes Korsett ab und es konnten weitere Themen angesprochen werden, die den Gesprächspartnern mindestens ebenso wichtig erschienen.

Die Auswertung der Gespräche orientierte sich an den oben benannten Schwerpunkten. Sie erfolgte auf Basis der beim Interview erstellten Gesprächsnotizen. Die nachfolgende Bedürfnisanalyse gibt dabei einen integral-zusammenfassenden Überblick zu allen Gesprächen; die Gespräche wurden nicht jeweils einzeln ausgewertet und berichtet. Ziel war dabei, die Bedürfnisse bereits so fachlich strukturiert zu erfassen und wiederzugeben, dass sie der Komplexität des Güterverkehrs gerecht werden und auf mögliche Modelle, Daten und den von der Auftraggeberin vorgezeichneten Stossrichtungen einer Güterverkehrsmodellierung bezogen werden können.

Das Ergebnis der Bedürfnisanalyse in Form des vorliegenden Kapitels wurde allen Gesprächspartnern zum Review und für allfällige Ergänzungen schriftlich vorgelegt; eine Stelle hat entsprechende Rückmeldungen im Rahmen dieses Reviews gegeben. Darüber hinaus hat die Begleitgruppe die Resultate der Bedürfnisanalyse zur Kenntnis genommen, ggf. Ergänzungen eingebracht oder Präzisierungen eingefordert.

### **Gesamteindruck zu den Gesprächen**

Sämtliche Gespräche sind sehr konstruktiv verlaufen. Die Gespräche nahmen zwischen 60 und 120 Minuten in Anspruch. Trotz Gesprächsleitfaden konnten und wurden in jedem Gespräch durch die Gesprächspartner ihnen gewichtig erscheinende Schwerpunkte gesetzt. Diese Themen

wären bei einer standardisierten, schriftlichen Befragung nicht erfasst worden. Insofern haben die Einzelgespräche das Vorgehen zur Erfassung des Bedarfs bestätigt.

Bei allen Gesprächspartnern konnte ein Verständnis zur Komplexität der Güterverkehrsthematik festgestellt werden. Dementsprechend bestand ebenfalls Verständnis betreffend der jetzigen Situation zur Güterverkehrsmodellierung im Rahmen VM-UVEK – unabhängig ob sie aus Sicht der bestehenden Bedürfnisse als nicht befriedigend oder zufriedenstellend eingestuft wurde.

### 3.1. REVIEW

Mit dem Review wurde eingangs der Gespräche erfasst, welche Bedürfnisse bislang mit Bezug zum Güterverkehr seitens der Ämter bestanden. Dabei ging es zum einen um den **Gebrauch güterverkehrsrelevanter Daten**. Zum anderen hat sich aber auch ein generelles Bedürfnis gezeigt, mehr **Informationen** über diese Daten bekommen zu können.

#### 3.1.1. GEBRAUCH GÜTERVERKEHRSRELEVANTER DATEN

Das Review hat gezeigt, dass güterverkehrsrelevante Themen bei den einzelnen Fachstellen eine bedeutsame Rolle spielen. Nach Einschätzung aller Ämter werden diese Themen in Zukunft verstärkt in den Vordergrund rücken (bspw. unter dem Stichwort der Mitteleffizienz<sup>3</sup>). Die bislang betroffenen Fragestellungen sind breit gestreut, so dass die bisherigen Bedürfnisse auf ganz unterschiedliche Art und Weise abgedeckt wurden. Der Gebrauch an Informationen zum Güterverkehr lässt sich wie folgt abgrenzen:

- › Daten<sup>4</sup> (Zustände, Strukturen, Entwicklungen bis heute),
- › Perspektiven (Treiber und Entwicklungen prospektiv)<sup>5</sup>,
- › Modell (differenzierte Entwicklungen und Massnahmenwirkungen).

Mit Blick auf diese Kategorien ist – nach Einschätzung der Autoren mit Blick über alle Gespräche – ein Schwergewicht auf den generellen Gebrauch von Daten festzustellen, gefolgt von Einsätzen der Perspektivarbeiten, während modellspezifische Anwendungen eine bislang nur geringe Rolle gespielt haben. Eine Priorisierung der einzelnen Themen aus Sicht der Befragten mit Blick auf die Bedürfnisse lässt sich daraus jedoch nicht zwingend ableiten. Die nachfolgende Tabelle 1

<sup>3</sup> Mitteleffizienz in dem Sinne als das die Erwartung besteht, dass der Güterverkehr aufgrund seiner „technischen“ Eigenschaften einen höheren Anteil an den Folgen des Verkehrs besitzt als der Personenverkehr und demzufolge eine Problemlösung fokussiert auf den Güterverkehr die grösseren Wirkungen besitzen könnte.

<sup>4</sup> Im Sinne uninterpretierter Werte, Zahlen, Fakten.

<sup>5</sup> Kann sowohl Daten im Sinne uninterpretierter Werte, Zahlen, Fakten enthalten wie auch bereits interpretierte Informationen.

gibt einen Überblick zu den Themen, welche mit den genannten drei Kategorien im Rahmen der Gespräche in Verbindung gebracht wurden.

<b>REVIEW: BISHERIGER EINSATZ</b>	
<b>Gebrauch von</b>	<b>Erläuterung</b>
Daten zum Güterverkehr	<ul style="list-style-type: none"> <li>› breit gefächertes Datenbedürfnis zu diversen Themen und Fragestellungen               <ul style="list-style-type: none"> <li>› generelle (nationale) Entwicklungen von Aufkommen sowie Verkehrs- und Fahrleistung</li> <li>› Teilmarkt-Entwicklungen (Nachfragesegmente, Verkehrsarten(-anteile), Modi, Fahrzeugklassen insb. Technologie zur Schadstoffbehandlung etc.)</li> <li>› generelle oder örtlich spezifische Streckenbelastungen</li> </ul> </li> <li>› unterschiedlichster Umgang zur Befriedigung dieses Datenbedürfnisses =&gt; zumeist führen eigene Recherchen zu entspr. ausreichenden oder eben auch nicht ausreichenden Daten</li> </ul>
Güterverkehrsperspektiven	<ul style="list-style-type: none"> <li>› vielfältiger Einsatz als Grundlagenpapier zur direkten Verwendung der darin enthaltenen Entwicklungen oder doch zumindest als Leitlinien zur Ableitung von analogen Entwicklungen</li> <li>› Verwendung der Informationen zu Hintergründen, Trends und Treibern im Güterverkehr</li> </ul>
Modell resp. Modellresultate	<ul style="list-style-type: none"> <li>› auf nationaler Ebene:               <ul style="list-style-type: none"> <li>› vollständige Modellberechnung für den Basiszustand 2005</li> <li>› Sensitivitätsberechnungen zum Basiszustand</li> <li>› Abgabe der Strassen-Wunschlinien (in Matrixform) zu diversen Analysen</li> <li>› Strassen-Belastungen als Grundlast in NPVM</li> </ul> </li> <li>› auf kantonaler oder regionaler Ebene:               <ul style="list-style-type: none"> <li>› Abgabe der Strassen-Wunschlinien zu diversen Analysen</li> <li>› Wunschlinien als Input für kantonale Modelle (ggf. im Nachgang räumlich verfeinert, um mind. Routing-Simulationen durchführen zu können)</li> <li>› Strassen-Belastungen als Grundlast in kantonalen Modellen (Zitat: „Ein Verzicht wäre aus Sicht kantonaler Modelle ein Verlust.“)</li> </ul> </li> </ul>

**Tabelle 1** Übersicht zum bisherigen Gebrauch der Elemente einer nationalen Güterverkehrsmodellierung

## Daten

In jedem Gespräch konnte ein generelles Bedürfnis an güterverkehrsrelevanten Daten in unterschiedlichster Ausprägung festgestellt werden. Entsprechende Nachfragen haben dann gezeigt, dass hier der individuelle Kenntnisstand über Verfügbarkeit und Hintergrund von Daten zu ganz unterschiedlichen, nicht immer konformen Lösungen geführt haben kann. Hier ist jedoch auch anzumerken, dass die einzelnen Ämter fachliche Schwerpunkte besitzen, die ausserhalb des Güterverkehrs liegen und entsprechende Kenntnisse zu Güterverkehrsdaten gar nicht vorhanden sein können.

## Perspektiven

Ein Fokus bei den Einsatzbereichen lag auf dem Gebrauch der *Perspektiven zum schweizerischen Güterverkehr* (ARE 2004). Eine Vielzahl an Grundlagendaten, aber auch an qualitativen Informationen sowie quantitativen Entwicklungen konnte von den Befragten in unterschiedlichsten Fragestellungen verwendet werden. Faktisch ist damit zu attestieren, dass die entsprechende Publikation offenbar eine Vielzahl an Bedürfnissen abdeckt. Einschränkend ist allenfalls anzu-



merken, dass bei den einzelnen Ämtern unterschiedliche Anforderungen hinsichtlich Aktualität und Grundlagendaten bestehen – vielfach jedoch auch dem Tagesgeschäft resp. den jeweils gerade anliegenden Arbeiten geschuldet. Dies hat dann allenfalls zu gewissen Einschränkungen bei der unmittelbaren Verwendung der vorliegenden Perspektivarbeiten geführt; dennoch haben sich die Ämter in der Lösung entsprechender Fragestellungen an den Perspektivarbeiten orientiert.

### **Modell (Bestehendes NGVM)**

Der explizite Einsatz des seit 2012 operativ einsetzbaren Modells und seines Basiszustands 2005 beschränkt sich auf wenige Anwendungen. Hier drängte sich der Eindruck auf, dass der Ruf des Modells auch dem komplexen Entstehungsprozess geschuldet sein kann. Es wurde auch geäußert, dass die Kosten einer Anwendung (durch externe Dritte) nicht mit dem dafür angedachten Budget in Einklang zu bringen gewesen wären. Geäußert wurde auch die Einschätzung, dass die Situation der personellen Ressourcen im VM-UVEK zur Betreuung entsprechender Anfragen fehlen würden und daher von entsprechenden Anfragen von vornherein abgesehen wurde.

### **Lessons learned**

Auch wenn das vom Fragebogen vorbereitete Grundthema der Gespräche eigentlich *das nationale Güterverkehrsmodell* zum Inhalt hatte, so zeigt doch das Review mit seinen drei Einsatzbereichen (Daten, Perspektiven, Modell), dass den einzelnen Ämtern zumeist nicht direkt bewusst ist, welche Daten woher stammen (was keinem der Ämter zum Vorwurf zu machen ist, da sie eben keine Güterverkehrsexperten sind und auch nicht sein können oder sollen).

Festhalten lässt sich aber, dass es einen grundsätzlichen Bedarf an güterverkehrsrelevanten Daten gibt. Dieser Bedarf besass bislang einen Schwerpunkt bei Daten und bei den Perspektiven. Im Vergleich damit hat die Mischung aus Komplexität und Ressourcen bislang zu einem nur geringen Einsatz des eigentlichen Modells geführt. Als positiver Benchmark ist dabei das NPVM erwähnt worden.

## **3.1.2. INFORMATION UND KOMMUNIKATION**

Der Bedarf an genereller Information und Kommunikation hat sich „automatisch“ bei den Gesprächen ergeben. Er ist in *jedem Gespräch* von den Befragten thematisiert worden – insbesondere da vielfach der Bedarf an allgemeinen Daten zum Güterverkehr höher gewichtet wurde als an spezifischen Modelldaten (hier ist allerdings zu beachten, dass diese Gewichtung auch vom subjektiven Eindruck der jeweiligen Stellen zum bestehenden NGVM geprägt sein dürften).

Die gesuchten Daten (zum Güterverkehr) werden i.d.R. von den einzelnen Ämtern direkt von den (vermuteten) Datenlieferanten oder aus Dritt-Quellen beschafft – jede/r schaut für sich,

was sie/er wie und wo bekommt. Dabei besteht die Gefahr, inhomogene Datengrundlagen für verschiedene Arbeiten innerhalb des UVEK zu verwenden und die Daten unterschiedlich zu interpretieren.

Diese Gefahr der Inhomogenität besteht auch unter dem Aspekt der zeitlichen Anforderung zur Bearbeitung entsprechender Fragestellungen. Anfragen aus der Politik, die Bearbeitung unterschiedlichster Dossiers wie auch „rollende“ Monitoring-Aufgaben erfordern unter Umständen den Einsatz aktuellster Daten resp. die Berücksichtigung neuester Erkenntnisse hinsichtlich künftiger Entwicklungen.<sup>6</sup> Es besteht dabei die Gefahr, dass die Ämter (aufgabenspezifisch) eigene Daten oder Perspektiven produzieren, ohne dass es zu einer UVEK-internen Koordination kommt.

Aus den von den Befragten geäußerten Antworten hinsichtlich der aus ihrer Wahrnehmung vorliegenden Informationslage resp. den zugehörigen Kommunikationsmitteln lassen sich die in der nachfolgenden Tabelle 2 zusammengefassten Anforderungen ableiten.

<b>REVIEW: INFORMATION UND KOMMUNIKATION</b>	
<b>Stichwort</b>	<b>Hintergründe</b>
Datenlage	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Welche Daten zum Güterverkehr stehen überhaupt zur Verfügung? =&gt; mögliche Lösung: erläuterte Daten-Übersicht?</li> <li>› Unterschied zwischen Daten, Perspektivarbeiten und explizitem Modell ist nicht immer klar =&gt; Welche Daten sind woher verfügbar? =&gt; Welche Daten sind statistisch erhoben resp. verfügbar? =&gt; Welche Daten wurden „modelliert“ resp. geschätzt?</li> </ul>
Datenaktualität	<ul style="list-style-type: none"> <li>› aktuelle Datengrundlagen sollten zur Verfügung stehen: <ul style="list-style-type: none"> <li>› ex-post-Daten zum Güterverkehr</li> <li>› Prognosen der GV-relevanten Input-Daten resp. Treiber (wie bspw. BFS-Szenarien zur Bevölkerungsentwicklung)</li> </ul> </li> <li>› es braucht aber eine „Clearingfunktion“ zur Sicherstellung, dass <ul style="list-style-type: none"> <li>› nicht unterschiedlichste Daten oder Perspektiven produziert werden</li> <li>› eine Kontinuität innerhalb der Perspektiven gewährleistet bleibt</li> </ul> </li> </ul>
Datenhomogenität	<ul style="list-style-type: none"> <li>› es ist sicherzustellen, dass alle Ämter mit den gleichen Datengrundlagen arbeiten</li> <li>› nach aussen sind unterschiedlichste Datenstände nicht vertretbar</li> </ul>
Datenbereitstellung	<ul style="list-style-type: none"> <li>› vielfach zeitkritische Anfragen, d.h. die Daten müssen i.d.R. ad hoc verfügbar sein</li> </ul>
Interpretation der Daten	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Interpretationshilfen zu den vorliegenden Güterverkehrsdaten und -arbeiten</li> <li>› Transparenz der Modellergebnisse</li> </ul>
Instrumente/Modelle	<ul style="list-style-type: none"> <li>› siehe oben: Welche Daten stammen aus welchen Modellen/Quellen</li> <li>› Steht <i>das Modell</i> überhaupt schon zur Verfügung? Und was sind die Bedingungen zu dessen Nutzung?</li> <li>› Was kann <i>das Modell</i>? Wofür könnte es angewendet werden?</li> </ul>

**Tabelle 2** Übersicht zu den Bedürfnissen an Information und Kommunikation im Rahmen einer nationalen Güterverkehrsmodellierung

<sup>6</sup> Es soll an dieser Stelle noch keine Einschätzung zu diesem Bedürfnis erfolgen. Dass bspw. allzu häufige, allenfalls dann sogar volatile Perspektiven nicht zielführend sein können, ist im Rahmen der Strategiediskussion zu berücksichtigen.

## 3.2. ANWENDUNGSBEREICHE

Erwartungsgemäss fielen die Antworten zu den Fragestellungen im Güterverkehr resp. den potenziellen Anwendungen eines nationalen Güterverkehrsmodells sehr breit gefächert aus. Zur Strukturierung dieser Antworten lassen sich **vier Anwendungsbereiche** abgrenzen:

- › Treiber zum Güterverkehr,
- › Regulativ,
- › Energie und Umwelt,
- › Infrastrukturen.

Mit dieser Abgrenzung lässt sich ein Bezug zu qualitativen und quantitativen Fragestellungen herstellen. Implizit lässt sich daraus auch ableiten, welche Anforderungen an eine Modellanwendung mit den Anwendungsbereichen verbunden sind. Darüber hinaus ist diese Abgrenzung auch vor dem Hintergrund der (komplexen) Zusammenhänge im Güterverkehr vorgenommen worden. Sie stellt damit auch auf die erfahrungsgemäss bestehenden Möglichkeiten ab, diese Zusammenhänge erklären resp. modellieren zu können.

Nachfolgend werden die Bedürfnisse hinsichtlich der vier Anwendungsbereiche dargestellt. Zu jedem Anwendungsbereich wird vorab skizziert, was sich hinter der jeweiligen Anwendung verbirgt; die jeweiligen Textpassagen geben eine zusammenfassende Sicht zu allen Gesprächen wieder. Die Tabellen gliedern die Anwendungsbereiche inhaltlich weiter auf und geben mit beispielhaften Fragestellungen einen Einblick in das Spektrum potenzieller Anwendungen bei den einzelnen Ämtern oder den mit ihnen verbundenen politischen Dossiers.<sup>7</sup> Ergänzt wird jede Tabelle mit einer Übersicht zu den mit den jeweiligen Fragestellungen in Verbindung zu bringenden Datendifferenzierungen hinsichtlich (inhaltlichen, güterverkehrsrelevanten) Strukturen, räumlichen Abgrenzungen und zeitlichen Auflösungen.

<sup>7</sup> Es ist bei solchen Gesprächen sicher nicht auszuschliessen, dass nicht alle Fragestellungen angesprochen wurden – bei der Bandbreite der jeweiligen Aufgaben der einzelnen Ämter ist es schlicht nicht möglich, hier eine vollständige Aufzählung zu erhalten. In den Tabellen sind jedoch solche Fragestellungen aufgeführt, die beispielhaft für die wichtigsten Anwendungen in einer nationalen Güterverkehrsmodellierung stehen.

### 3.2.1. TREIBER ZUM GÜTERVERKEHR

Die Treiber zum Güterverkehr stellen ein, den anderen Anwendungsbereichen, vorgelagerten Bereich dar. Darin sind sowohl qualitativ-deskriptive wie auch quantifizierbare Daten verbunden.

In vielen Anwendungsbereichen sind neben datenbezogenen Arbeiten qualitative Fragestellungen von Belang. Es handelt sich dabei um die so genannten Treiber zur Güterverkehrsnachfrage. Deren Kategorisierung fängt bei demografischen und ökonomischen Einflüssen an und geht über regulative Rahmenbedingungen bis hin zu produktionstechnischen, logistischen oder technologischen Faktoren, welche alle Stufen des Güterverkehrs betreffen (Nachfrage, Modalsplit, Routing resp. Leistung).

Die Treiber sind mit Blick auf eine (wie auch immer differenzierte) Modellierung in erster Linie als Input anzusehen. Mit Blick auf Perspektivarbeiten sind die Treiber selbst aber auch Grundlage qualitativer Diskussionen (bspw. zur Definition von Szenarien). Die **Verwendung** der Daten resp. Informationen bei den einzelnen Ämtern ist entsprechend vielschichtig:

- › Hintergrundinformationen für diverse Studien, Anfragen und sonstige Arbeiten,
- › Einbezug in Programme, Perspektiven, Konzepte,
- › Input zur Massnahmenbewertung (Regulativ, Energie & Umwelt, Infrastrukturen), insb. in Form von Einflussfaktoren für die Ausprägung entsprechender Mengengerüste.

Der Grad der **Daten-Differenzierung** ist in diesem Anwendungsbereich im Vergleich zu den anderen Anwendungsbereichen als eher gering einzustufen. Zumeist handelt es sich um Fragestellungen mit nationalem Hintergrund – sie beziehen sich also auf die Gesamtschweiz und differenzieren bspw. räumlich nicht weiter. Auch mit Blick auf die Warengruppen bspw. ist eher von aggregierten Betrachtungen auszugehen. Dennoch sind i.d.R. gewisse Mindestanforderungen an strukturelle, räumliche oder zeitliche Differenzierungen vorhanden (s.a. Tabelle 3).

<b>ANWENDUNGSBEREICH 1: TREIBER ZUM GÜTERVERKEHR</b>	
<b>Kategorien</b>	<b>Hintergründe</b>
Exogene Treiber	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Treiber, die Güterverkehr auslösen</li> <li>› Entwicklungen zur gewerblichen Nachfrage (Produktstrukturen, Produktionsprozesse (Wertschöpfungsketten), Fragen der Globalisierung, Wertedichten/Intensitäten etc.)</li> <li>› Branchen-spezifische Entwicklungen</li> <li>› Entwicklungen zum Endverbrauch (Werte, Konsum, Lieferanforderungen etc.)</li> </ul>
Beispiele für Fragestellungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Produziert die Schweiz in Zukunft überhaupt noch Waren?</li> <li>› Was ist der Güterstruktureffekt? Und hat es in Zukunft überhaupt noch Massengüter?</li> <li>› Wie entwickelt sich die Globalisierung und welche Auswirkungen hat das auf den Güterverkehr in der Schweiz?</li> <li>› Welche Auswirkungen hat die Finanz-/Wirtschaftskrise auf Italien und damit auf den Transitverkehr?</li> <li>› Wie verändern die Energieperspektiven die Güterstrukturen?</li> <li>› Bringt der Online-Handel weniger oder mehr Güterverkehr?</li> </ul>
Endogene Treiber	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Treiber, die bestimmen, wie der Güterverkehr abgewickelt wird</li> <li>› Entwicklungen der Logistikprozesse (Umschlag, Intermodalität, Auslastungen etc.)</li> <li>› Entwicklungen von Technologien (Motoren, Schadstoffbehandlung, Verbräuche/Energiebedarf, Fahrzeuggrössen, Interoperabilität, Bremsen etc.)</li> <li>› Entwicklungen zum Regulativ (Nachtfahrverbot, Lärmschutzvorschriften etc.)</li> </ul>
Beispiele für Fragestellungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Braucht es in 2030 noch Rangierbahnhöfe? Wie sehen Terminals in 2050 aus?</li> <li>› Haben zukünftig alle Lastwagen eine Höhe von 4 Meter und mehr?</li> <li>› Wie entwickeln sich die Sendungsgrössen?</li> </ul>
Ausprägung übergeordneter Entwicklungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>› quantitative Abbildung der exogenen und endogenen Treiber</li> <li>› heutige Ausprägungen, Strukturen, Dimensionen</li> <li>› Entwicklungen: <ul style="list-style-type: none"> <li>› Entwicklungspfade ex-post und prognostisch (Horizont 2030/2050)</li> <li>› Szenarien resp. Sensitivitäten</li> </ul> </li> </ul>
Beispiele für Fragestellungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Wie entwickelt sich das Güterverkehrsaufkommen im Binnenverkehr bis 2050?</li> <li>› Welche künftigen Modalsplit-Entwicklungen sind denkbar?</li> <li>› Was heisst eine 10-Mio.-Schweiz für den Güterverkehr?</li> <li>› Welche Auswirkungen auf die Infrastrukturbelastungen hätten grundlegende Veränderungen von Ver- und Entsorgungskonzepten?</li> </ul>

<b>Bezug</b>	<b>Differenzierung</b>
Strukturen	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Branchen (als unmittelbare Treiber der Nachfrage)</li> <li>› Warengruppen (als Folge der Nachfrage)</li> <li>› nach Modi (Strasse, Schiene, ggf. Binnenschifffahrt und Luftverkehr)</li> <li>› weitere Differenzierungen <ul style="list-style-type: none"> <li>› zum Strassengüterverkehr (Fahrzeugtypen, Gewichte, Schadstoffklassen etc.)</li> <li>› zum Schienengüterverkehr (Wagenladungsverkehr, kombinierter Verkehr)</li> </ul> </li> </ul>
Raum	<ul style="list-style-type: none"> <li>› nach Verkehrsarten (Binnen, Import, Export, Transit)</li> <li>› eingeschränkt: regionale Nachfragen, bspw. Korridorbetrachtungen</li> </ul>
Zeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>› vielfach Bezug auf Jahresdaten, d.h. Zeitreihenoptik</li> <li>› perspektivisch mit Horizont 2050</li> </ul>

**Tabelle 3** Übersicht zu den Bedürfnissen im Anwendungsbereich der Treiber zum Güterverkehr im Rahmen einer nationalen Güterverkehrsmodellierung

### 3.2.2. REGULATIV

Im Gegensatz zum Anwendungsbereich 1 konzentriert sich der Bereich 2 auf Massnahmen mit regulativem Charakter. Während im Rahmen der Treiber generelle Entwicklungen (Trends oder alternative, in sich stimmige Szenarien; bspw. im Rahmen von Perspektivarbeiten) Gegenstand der Fragestellungen sind, stehen im Bereich 2 die massnahmenbezogenen Wirkungen im Vordergrund (bspw. zum „Durchrechnen“ der Folgen verkehrspolitischer Vorstösse oder zum Vergleich von Varianten).

Faktisch besitzt der Bedarf im Bereich des Regulativ die im Vergleich zu den anderen Anwendungsbereichen grösste verkehrspolitische Dimension und ist damit einer der „Haupttreiber“ für eine nationale Güterverkehrsmodellierung. Stellvertretend seien nur die Verlagerungspolitik (Alpenschutz) oder die Finanzierungsmechanismen von Infrastrukturvorhaben (NAF, FABI) genannt.

Die Massnahmenwirkungen sind i.d.R. mit quantifizierbaren Daten verbunden (Tonnen, Tonnen-Kilometer, Anteile am Modalsplit, Fahrzeugbestände oder Fahrleistungen nach Segmenten oder Schadstoffklassen etc.). Die **Verwendung** der Daten liegt in erster Linie im Bereich diverser Studien zu entsprechenden Fragestellungen resp. politischen Dossiers; dazu kommen Monitoring-Aufträge zur Wirksamkeitsanalyse verkehrspolitischer Massnahmen über die Zeit (und vielfach mit Bezug auf einen spezifisch abgegrenzten Raum wie bspw. die Alpen).

Das Massnahmenspektrum besitzt in diesem Anwendungsbereich eine noch eher geringe strukturelle, räumliche oder zeitliche Auflösung. Allfällige Massnahmenwirkungen nehmen räumlich gesehen zumeist einen nationalen Blickwinkel ein; lokale Wirkungsabschätzungen sind nur für einige wenige Massnahmen denkbar. Damit ist der Grad der **Daten-Differenzierung** eher gering einzustufen, kann aber in wenigen, speziellen Fragestellungen bereits sehr disaggregierte Methoden erfordern (siehe auch Einschub zu „aggregiert/disaggregiert“ auf Seite 45).

Im Rahmen der Bedürfnisanalyse wurde angemerkt, dass es wichtig erscheint, dass die politische Dimension der regulativen Fragestellungen beachtet wird und dazu im Rahmen einer nationalen Güterverkehrsmodellierung auf transparente, gut nachvollziehbare Annahmen zu achten ist, da andernfalls die Objektivität von Modellergebnissen infrage gestellt werden könnte.

<b>ANWENDUNGSBEREICH 2: REGULATIV</b>	
<b>Kategorien</b>	<b>Hintergründe</b>
Marktordnung	<ul style="list-style-type: none"> <li>› ordnungspolitische Massnahmen (Konzessionierung, Zulassung, Rechtsrahmen etc.)</li> <li>› Entwicklungen Fahrzeuggrössen/-gewichte/-auslastungen im Strassengüterverkehr</li> </ul>
Beispiele für Fragestellungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Welche Folgen haben Veränderungen bei zulässigen Gesamtgewichten oder Fahrzeuglängen für die Infrastruktur? Stichwort Gigaliner o.ä.</li> <li>› Welche Folgen hätten Gigaliner für die Verlagerungspolitik?</li> </ul>
Gebote und Verbote	<ul style="list-style-type: none"> <li>› regelnde Massnahmen bspw. im Rahmen von Verordnungen (Betriebsvorschriften, Nachtfahrverbot, Geschwindigkeits- oder Überholregime, Lärmgrenzwerte etc.)</li> </ul>
Beispiele für Fragestellungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Würde eine Lockerung des Nachtfahrverbots in den Tagesrandstunden die Überlastsituationen auf dem Strassennetz entschärfen?</li> <li>› Wie wird sich das Verbot von Graugussbremsen auf den Schienengüterverkehr auswirken?</li> </ul>
Fiskalpolitik/Abgaben	<ul style="list-style-type: none"> <li>› finanzielle Massnahmen (Steuern, Abgaben, Benutzungsgebühren, Mauten etc.) <ul style="list-style-type: none"> <li>› aus volkswirtschaftlicher Sicht (Verlagerung, LSWA, Staukosten etc.)</li> <li>› aus betriebswirtschaftlicher Sicht (Kostenstrukturen, Preise etc.)</li> </ul> </li> </ul>
Beispiele für Fragestellungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Welche Wirkungen hätte eine Alpentransitbörse mit Blick auf das Verlagerungsziel?</li> <li>› Welche Auswirkungen hätte eine ATB auf das Transportgewerbe?</li> <li>› Sind die externen Kosten im Güterverkehr bereits internalisiert?</li> <li>› Verursacht der Strassengüterverkehr externe Kosten im Rahmen von Stauerscheinungen?</li> </ul>
Angebotspolitik/Fördermassnahmen	<ul style="list-style-type: none"> <li>› übergeordnete (d.h. nicht-lokale) Massnahmen zur Veränderung oder Beeinflussung des Angebots (Netzdefinitionen, Netznutzungspläne, Priorisierungsregelungen zw. Personen- und Güterverkehr, Abgeltungen/Subventionen/Kredite etc.)</li> <li>› Monitoring entsprechender Massnahmen (Entwicklung globaler Kenngrössen Verkehrsleistungen, Fahrzeugbelastungen, Modalsplit etc.)</li> </ul>
Beispiele für Fragestellungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Wie sind allfällige Abgeltungen (bspw. im kombinierten Verkehr) auszugestalten, damit das Verlagerungsziel erreicht werden kann?</li> <li>› Welche Wirkungen haben Massnahmen zur Förderung des Flächengüterverkehrs?</li> <li>› Braucht es in Zukunft noch einen Wagenladungsverkehr (Zukunft WLV)?</li> <li>› Ist der Schienengüterverkehr vom Personenverkehr im Netz zu trennen? Braucht es für den SGV eigene Netze?</li> <li>› Braucht es zur Sanierung GST eine Kurz-ROLA?</li> <li>› Verlagerungsbericht des Bundesrates (Monitoring)</li> </ul>

<b>Bezug</b>	<b>Differenzierung</b>
Strukturen	<ul style="list-style-type: none"> <li>› nach Modi (Strasse, Schiene, ggf. Binnenschifffahrt und Luftverkehr)</li> <li>› weitere Differenzierungen <ul style="list-style-type: none"> <li>› zum Strassengüterverkehr (Fahrzeugtypen, Gewichte, Schadstoffklassen etc.)</li> <li>› zum Schienengüterverkehr (Wagenladungsverkehr, kombinierter Verkehr)</li> </ul> </li> </ul>
Raum	<ul style="list-style-type: none"> <li>› nach Verkehrsarten (Binnen, Import, Export, Transit)</li> <li>› regionale Nachfragen, bspw. Korridorbetrachtungen im Rahmen Monitoring</li> </ul>
Zeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>› vielfach Bezug auf Jahresdaten, d.h. Zeitreihenoptik</li> <li>› perspektivisch mit Horizont 2030/2050</li> </ul>

**Tabelle 4** Übersicht zu den Bedürfnissen im Anwendungsbereich zum Regulativ im Rahmen einer nationalen Güterverkehrsmodellierung

### 3.2.3. ENERGIE UND UMWELT

Der Anwendungsbereich Energie und Umwelt besitzt einen zum Bereich des Regulativs ähnlich gelagerten Bezug zu den Güterverkehrsdaten. Auch hier sollen Folgewirkungen abgeschätzt oder bewertet werden. Dabei sind die Wirkungen nahezu ausschliesslich mit quantifizierbaren Daten verbunden.

Diese Daten dienen dann als Input für weitere, energie- und umweltspezifische Berechnungsverfahren zur Ermittlung entsprechender Auswirkungen (bspw. Lärm oder Klimagase). Damit beschränkt sich die **Verwendung** nicht nur auf Studien oder politische Dossiers in diesem Bereich, sondern sie bezieht sich auch auf Modelle oder Prozesse, welche energie- oder umweltrelevante Daten beinhalten (bspw. Kataster oder Umweltverträglichkeitsprüfungen). Analog zum Bereich des Regulativs sind auch hier Monitoring-Aufträge vertreten – mit dem Fokus auf energie- und umweltrelevante Betrachtungsgrössen.

Der Anwendungsbereich Energie und Umwelt fokussiert stärker als die beiden vorangestellten Bereiche auf regionale oder örtlich begrenzte Wirkungen resp. Fragestellungen; dies schliesst jedoch übergeordnete Fragestellungen nicht aus. Der Grad der **Daten-Differenzierung** ist somit als durchaus hoch einzustufen – zumal eine Vielzahl der geforderten verkehrlichen Input-Daten nur durch disaggregierte Methoden/Modelle gewonnen werden können.



<b>ANWENDUNGSBEREICH 3: ENERGIE UND UMWELT</b>	
<b>Kategorien</b>	<b>Hintergründe</b>
Lärm	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Lärm infolge von Transportvorgängen</li> <li>› Wirkungen von Lärmschutzmassnahmen auf regionaler bis hin zu örtlicher Ebene</li> <li>› Ermittlung von Emissionen und Ableitung von Immissionen, d.h. es braucht dazu Informationen zu den Emittenten (Strasse und Schiene); insb. im Rahmen von Planungs-/Prüfprozessen zu örtlichen Infrastrukturmassnahmen</li> </ul>
Beispiele für Fragestellungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Aufstellen oder Nachführen von Lärmkatastern</li> <li>› Monitoring bspw. von Verlagerungsmassnahmen (MFM-U)</li> <li>› Umweltverträglichkeitsprüfungen, Zweckmässigkeitsbeurteilungen, volkswirtschaftliche Bewertung von Strassen- und Schienenvorhaben (NISTRA, NIBA)</li> <li>› Verringern Tempolimits im Schwerverkehr die Anzahl der von Lärmimmissionen Betroffenen im Abschnitt zw. X und Y / oder im Urner Reusstal?</li> <li>› Welche Lärmemissionen sind mit dem Betrieb eines multimodalen Terminals verbunden?</li> <li>› Führt die Verlagerung zu mehr Lärm entlang der Nord-Süd-Bahnachsen?</li> </ul>
Luft	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Belastung mit Luftschadstoffen/Feinstaubpartikeln infolge von Transportvorgängen</li> <li>› Wirkungen von Minderungsmassnahmen auf regionaler bis hin zu örtlicher Ebene</li> <li>› Ermittlung von Emissionen und Ableitung von Immissionen, d.h. es braucht dazu Informationen zu den Emittenten/Aufwirblern (Strasse und Schiene)</li> </ul>
Beispiele für Fragestellungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Aufstellen oder Nachführen von Luftschadstoffkatastern</li> <li>› Wie wirkt sich die Verlagerung auf die Aufwirblung von Bremspartikeln aus?</li> <li>› Wie verändern sich die Fahrmuster der Emittenten/Fahrzeugklassen?</li> <li>› Monitoring bspw. von Verlagerungsmassnahmen (MFM-U)</li> <li>› Umweltverträglichkeitsprüfungen, Zweckmässigkeitsbeurteilungen, volkswirtschaftliche Bewertung von Strassen- und Schienenvorhaben (NISTRA, NIBA)</li> </ul>
Klima	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Auswirkungen von Transportvorgängen auf die Klimagase</li> <li>› Flottenmodelle</li> </ul>
Beispiele für Fragestellungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Aufstellen oder Nachführen von Klimamodellen</li> <li>› Wie wirken die Energieperspektiven auf den Strommix bei der Bahn?</li> <li>› Welchen Einfluss hat die Stausituation auf die CO<sub>2</sub>-Belastung?</li> </ul>
Energie	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Energiebedarf im Verkehr (Energieperspektiven)</li> </ul>
Beispiele für Fragestellungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Wie hoch wird der Bahnstrombedarf in 2050 sein?</li> <li>› Wie verändert sich der Bahnstromverbrauch infolge der NEAT-Flachbahn?</li> <li>› Wie sieht die Flottenzusammensetzung und insb. die damit verbundene Fahrleistung im Jahr 2050 aus (Stichwort Elektromobilität)?</li> </ul>

<b>Bezug</b>	<b>Differenzierung</b>
Strukturen	<ul style="list-style-type: none"> <li>› nach Modi (Strasse, Schiene, Binnenschifffahrt und Luftverkehr)</li> <li>› weitere Differenzierungen <ul style="list-style-type: none"> <li>› zum Strassengüterverkehr (Fahrzeugtypen, Gewichte, Schadstoffklassen etc.)</li> <li>› zum Schienengüterverkehr (Wagenladungsverkehr, kombinierter Verkehr)</li> </ul> </li> <li>› Verkehrssituationen (Stau, Qualität des Verkehrsablaufs)</li> </ul>
Raum	<ul style="list-style-type: none"> <li>› nach Verkehrsarten (Binnen, Import, Export, Transit)</li> <li>› regionale Nachfragen, bspw. Korridorbetrachtungen im Rahmen Monitoring</li> <li>› differenzierter Bezug auf einzelne Strecken (Immissionsberechnungen) – dies bedingt relationale Daten in Form von Wunschlinienmatrizen</li> </ul>
Zeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>› vielfach Bezug auf Jahresdaten, d.h. Zeitreihenoptik</li> <li>› perspektivisch mit Horizont 2030/2050</li> <li>› Streckenbelastungen mit Tagesgang, nach DWV und/oder DTV</li> </ul>

**Tabelle 5** Übersicht zu den Bedürfnissen im Anwendungsbereich von Energie und Umwelt im Rahmen einer nationalen Güterverkehrsmodellierung

### 3.2.4. INFRASTRUKTUREN

Der Anwendungsbereich der Infrastrukturen bezieht sich auf konkrete Massnahmen zu Aus-, Um- oder Neubau von Strecken, Knoten oder sonstigen Anlagen auf den Infrastrukturnetzen. Die Massnahmenwirkungen sind in quantitativer Form mit verkehrlichen Kenngrössen verbunden; je nach Bewertungsumfang sind allenfalls weitere Betrachtungsgrössen aus den verkehrlichen Implikationen abzuleiten (bspw. örtliche Lärmemissionen).

Die **Verwendung** dieser Daten ist breit gestreut:

- › in Studien zu Einzelmassnahmen (auf Bundes-, Kantonal- oder Agglomerationsebene),
- › in Programmen des Bundes,
- › in Planungs- oder Prüfprozessen zur Bewertung von Massnahmen oder Varianten.

Diese Art der Verwendung bedingt zumeist einen sehr hohen Grad der **Daten-Differenzierung**. Die Quantifizierung von spezifischen Wirkungen einzelner ortsbezogener Massnahmen im Bereich der Infrastrukturen benötigt damit i.d.R. explizit die Anwendung eines entsprechend fein aufgelösten Güterverkehrsmodells. Der Fokus liegt zwar vielfach auf der letzten Modellstufe zur Ermittlung streckenspezifischer Belastungen, allerdings impliziert dies entsprechenden Dateninput aus vorgelagerten Modellstufen.

Mit Bezug auf die Massnahmen in diesem Anwendungsbereich wurde im Rahmen der Bedürfnisanalyse mehrfach geäussert, dass gerade hier der Güterverkehr vermehrt in den Fokus rückt. Bei zunehmender Mittelknappheit gewinnt die Effizienz der Massnahmen im Rahmen allfälliger Bewertungen an Bedeutung; in diesem Zusammenhang besteht die Erwartung, dass bspw. die Folgen des Schwerverkehrs auf der Strasse anders zu gewichten sind als die des Personenverkehrs.

Darüber hinaus wurde aber auch angemerkt, dass je nach Fragestellung gut abzuwägen wäre, wie allfällige Massnahmenwirkungen zu betrachten sind. Ziel sollte sein, einen Kompromiss zwischen quantifizierbaren und qualitativen Methoden zu finden. Andernfalls besteht die Gefahr, dass Aufwand und Nutzen bei entsprechenden Studien in ein Missverhältnis geraten können.

Mit Blick auf den Einsatz eines Modells ist auch angeregt worden, verschiedenste Wechselwirkungen einzubeziehen, bspw. die Rückkopplung zwischen den verschiedenen Modellstufen oder aber auch beim Modalsplit zwischen Strasse – Schiene.

<b>ANWENDUNGSBEREICH 4: INFRASTRUKTUREN</b>	
<b>Kategorien</b>	<b>Hintergründe</b>
Aus-, Um- und Neubauten Schiene	<ul style="list-style-type: none"> <li>› streckenbezogener Trassenbedarf</li> <li>› Wirkungen neuer Basistunnel im In- und Ausland</li> <li>› ex-post-Analysen grösserer Infrastrukturprojekte (bspw. LBT, Gotthard)</li> <li>› Planungs-/Prüfprozesse (Zweckmässigkeitsbeurteilungen etc.)</li> <li>› ortsbezogene Lärmschutzmassnahmen (Bedarf, Wirkungen zur Lärmsanierung)</li> </ul>
Beispiele für Fragestellungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Bedarfsanalyse im Rahmen STEP</li> <li>› Auswirkungen der NEAT-Flachbahn auf den Schienengüterverkehr</li> </ul>
Aus-, Um- und Neubauten Strasse	<ul style="list-style-type: none"> <li>› streckenspezifische Verkehrsbelastungen</li> <li>› Massnahmen-Wirkungen im lokalen Strassennetz (Ausweichverkehre, Staubelastung/Verkehrsfluss)</li> <li>› ex-post-Analysen grösserer Infrastrukturprojekte (bspw. A4 Knonauer Amt)</li> <li>› Planungs-/Prüfprozesse (Zweckmässigkeitsbeurteilungen etc.)</li> <li>› ortsbezogene Lärmschutzmassnahmen (Bedarf, Wirkungen zur Lärmsanierung)</li> </ul>
Beispiele für Fragestellungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Ableitung von Aus- und Neubaubedarf, bspw. im Rahmen von Programmen zur Engpassbeseitigung (PEB), Ortsumfahrungen/-entlastungen</li> <li>› Optionen zur Sanierung Gotthardstrassentunnel</li> </ul>
Standortfragen (Logistik, Stauräume, Zollabfertigung)	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Untersuchungen zu Standorten von <ul style="list-style-type: none"> <li>› Umschlags-Anlagen zum Güterverkehr (Logistikcenter, Terminals, Rangierbahnhöfe, Anschlussgleise etc.)</li> <li>› Abstellplätzen im Schwerverkehr (Parkplätze, Kontrollzentren, Warteräumen)</li> <li>› Zollabfertigungsanlagen (PEZA)</li> </ul> </li> <li>› verkehrliche Implikationen auf den Zulaufstrecken (Strasse, Schiene, Knoten)</li> </ul>
Beispiele für Fragestellungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Welche verkehrlichen Wirkungen sind aus einem Terminal am Standort xy auf das angrenzende Strassennetz abzuleiten?</li> <li>› Wie wirkt sich die Einrichtung einer PEZA auf den regionalen Motorfahrzeugverkehr aus? Wo wäre eine PEZA idealerweise einzurichten?</li> </ul>
Verkehrsmanagement	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Steuerungsstrategien im Strassengüterverkehr</li> <li>› Priorisierung P vs. G (Strasse und Schiene)</li> </ul>
Beispiele für Fragestellungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Wie wirkt sich die Freigabe von Standstreifen für den Schwerverkehr auf den Verkehrsfluss aus? Welche baulichen Folgen sind damit verbunden?</li> <li>› Welche Trassenqualitäten braucht der Schienengüterverkehr und wie sind diese zu sichern?</li> </ul>
Unterhaltskonzepte	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Analyse streckenspezifischer Verkehrsbelastungen zur Ableitung der Abnutzung der Infrastrukturanlagen</li> </ul>
Beispiele für Fragestellungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Wie werden sich die Schwerverkehrsbelastungen infolge neuer Logistikkonzepte auf den Zustand von Strassen und Brücken auswirken?</li> <li>› Welches Betriebskonzept ist am Gotthardbasistunnel einzurichten?</li> </ul>

<b>Bezug</b>	<b>Differenzierung</b>
Strukturen	<ul style="list-style-type: none"> <li>› nach Modi (Strasse, Schiene, ggf. trimodal inkl. Binnenschifffahrt)</li> <li>› weitere Differenzierungen <ul style="list-style-type: none"> <li>› zum Strassengüterverkehr (Fahrzeugtypen, Gewichte, Schadstoffklassen etc.)</li> <li>› zum Schienengüterverkehr (Wagenladungsverkehr, kombinierter Verkehr)</li> </ul> </li> <li>› Verkehrssituationen (Stau, Qualität des Verkehrsablaufs)</li> </ul>
Raum	› sehr differenzierter Bezug auf einzelne Strecken und Räume
Zeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>› zeitliche Querschnitte (Basiszustand, Prognosezustände)</li> <li>› Wunschlinien und Streckenbelastungen mit Tagesgang, nach DWV und/oder DTV</li> </ul>

**Tabelle 6** Übersicht zu den Bedürfnissen im Anwendungsbereich der Infrastrukturmassnahmen im Rahmen einer nationalen Güterverkehrsmodellierung

### 3.3. RAHMENBEDINGUNGEN

Neben den Erfahrungen aus dem bisherigen Gebrauch güterverkehrsrelevanter Daten und den damit verbundenen spezifischen Anwendungsbereichen wurden in den Gesprächen die Rahmenbedingungen abgefragt, welche mit dem Einsatz der gesuchten Daten zu verbinden sind. Dabei handelt es sich v.a. um technische Rahmenbedingungen (Formate), abgefragt wurden aber auch Erfolgsfaktoren, welche aus Sicht der Ämter den Einsatz von Daten aus einer nationalen Güterverkehrsmodellierung forcieren könnten.

#### **Daten-Formate und Umfänge**

Das Informations- und Datenbedürfnis besitzt i.d.R. einen Bezug zu Datensets. Wenn diese elektronisch vorliegen, umso besser; allfällige Informationen auf Papier sind je nach Anwendungsbereich aber bereits auch schon nützlich. Der Schwerpunkt und das breitere Anwendungsspektrum liegt jedoch auf der Möglichkeit, die Daten elektronisch weiterverwenden zu können (in Tabellenkalkulationen a'la Excel oder in Datenbanken a'la Access; eine GIS-Anforderung wurde nicht explizit geäußert, jedoch stellt die Schnittstelle zu anderen Verkehrsmodellen (Kantone, SBB) ein Bedürfnis dar).

Aus den Anwendungsbereichen lässt sich die in der nachfolgenden Tabelle 7 wiedergegebene Datendifferenzierung ableiten. Dabei sind zwei Sichtweisen einzunehmen:

- › aus Bedarfssicht, d.h. aus der Anforderung der einzelnen Fragestellungen heraus gesehen (unabhängig der die Anforderung dann tatsächlich umsetzenden Modelle und deren Datenanforderungen => dazu siehe nächster Punkt),
- › aus Modellsicht, d.h. entsprechend der Anforderungen, die die Modelle stellen, um die Fragestellungen bearbeiten zu können.

Mit diesen zwei Sichtweisen wird der Tatsache Rechnung getragen, dass zumeist die zur Bearbeitung der Fragestellungen notwendigen Modelle eine höhere Anforderung an die Datendifferenzierung stellen als es dann der eigentliche Output vermuten lässt.

Um die Komplexität in der nachfolgenden Tabelle zu reduzieren, werden folgende „Daten-Bausteine“ unterschieden:

- › Datensets zu aggregierten Betrachtungsgegenständen (Grundstrukturen, Zeitreihen, Treiber),
- › vereinfachte, d.h. ebenfalls aggregierte Datensets zu teilregionalen oder relationalen Betrachtungen,
- › disaggregierter Output aus entsprechenden Modellen (Streckenbelastungen),
- › disaggregierte Daten als Input für entsprechende Modelle (Wunschlinien, Parameter etc.).

Die Unterscheidung zwischen **aggregierten** und **disaggregierten Daten** besitzt im Rahmen der vorliegenden Arbeit einen auf den Güterverkehr und dessen Komplexität abgestimmten Fokus. Der Grad der Aggregation ist an der räumlichen, zeitlichen und strukturellen Differenzierung orientiert.

Beispiele aggregierter Daten:

- › nationale resp. länderbezogene Eckwerte bis hin zu Grossregionen oder Kantonen,
- › Zusammenfassung nach maximal vier Verkehrsarten (Binnen, Import, Export, Transit),
- › Menge oder Leistung *aller* Güter oder für *Warengruppen* auf der ersten oder auf den oberen Ebenen der Verkehrstatistik (bspw. 20 Abteilungen nach NST) resp. der Aussenhandelsstatistiken (bspw. 67 Abschnitte nach SITC)
- › Branchenaggregate nach der Systematik der Wirtschaftszweige nach Abschnitten
- › Verkehrsmittel Strasse, Schiene, Binnenschiff, Rohrfernleitung

Disaggregierte Daten gehen dann über die aggregierten Zustände hinaus; der Grad der Disaggregation ist theoretisch nach oben offen. Eine exakte Trennlinie zwischen aggregiert und disaggregiert ist im Rahmen Güterverkehrsmodellierung allerdings kaum zu ziehen, Beispiele disaggregierter Daten nach dem Verständnis der vorliegenden Arbeiten können aber sein:

- › Warennummern der Handelsstatistiken (bspw. knapp 3'000 nach SITC Rev. 4) und dann bezogen auf die dahinter stehenden Wirtschaftszweige,
- › feinträumliche Differenzierung von Nachfragedaten, bspw. nach Gemeinden oder Hektarraster,
- › (miteinander gekreuzte) Teilsegmentierungen einzelner Modi, bspw. im Strassengüterverkehr nach Frachtarten, Fahrzeugaufbauten, Schadstoffklassen etc.

Der Tabelle 7 ist auch zu entnehmen, dass unterschiedlichste Ansprüche an die Datendifferenzierung bestehen. Vielfach wurde jedoch von den Befragten der Hinweis gegeben, dass eine Konzentration auf wenige Outputs allzu hohen Ansprüchen bei der Datendifferenzierung vorzuziehen wäre – nicht zuletzt, um die „Absturzgefahr“ zu verringern und die Hürden zur Etablierung einer bedarfsgerechten Güterverkehrsmodellierung niedrig zu halten. Dass sich hier ein Zielkonflikt hinsichtlich eines Teils der Fragestellungen ergibt (insb. in den Anwendungsbereichen Energie und Umwelt sowie Infrastrukturen) ist den Befragten allerdings auch bewusst.

Wichtig erschien den Befragten im Zusammenhang mit der Datendifferenzierung auch noch, die Prognosefähigkeit der Modelle zu gewährleisten. D.h. entsprechende Input-Daten müssen verfügbar sein resp. deren Aufstellung muss transparent nachvollzogen werden können. Auch dies wiederum steht ggf. höheren Ansprüchen an die Datendifferenzierung entgegen.

DATEN-FORMATE UND UMFÄNGE			
	aus Sicht des Bedarfs	aus Sicht der (potenziellen) Modelle	
Anwendungsbereiche	Treiber	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Datensets zu aggregierten Grundstrukturen und Zeitreihen zum <b>Güterverkehr</b> (Aufkommen und Leistung für Verkehrsarten, Modi, Fahrzeuge, Produktionsformen etc.)</li> <li>› Datensets zu quantifizierbaren <b>Treibern</b> (bspw. Bevölkerung, Erwerbstätigkeit, BIP, Aussenhandel)</li> <li>› elektronisch sowie als (aufbereitete) Grafiken, Tabellen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>› aus Sicht der Treiber wenig relevant, da diese nicht Gegenstand der Modellierung, sondern Input sind</li> <li>› aus Sicht Güterverkehrsdaten: <ul style="list-style-type: none"> <li>› zu aggregierten Grundstrukturen und Zeitreihen zum <b>Güterverkehr</b> (Aufkommen und Leistung für Verkehrsarten, Modi, Fahrzeuge, Produktionsformen etc.)</li> <li>› Datensets zu quantifizierbaren <b>Treibern</b> (bspw. Bevölkerung, Erwerbstätigkeit, BIP, Aussenhandel)</li> <li>› allenfalls auch aggregierte relationale Daten (Wunschlinien-Aggregate)</li> </ul> </li> </ul>
	Regulativ	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Datensets zu aggregierten Grundstrukturen und Zeitreihen zum <b>Güterverkehr</b> (Aufkommen und Leistung für Verkehrsarten, allenfalls auch mit regionalem Bezug, Modi, Fahrzeuge, Produktionsformen etc.)</li> <li>› elektronisch sowie als (aufbereitete) Grafiken, Tabellen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Datensets zu aggregierten Grundstrukturen und Zeitreihen zum <b>Güterverkehr</b> (Aufkommen und Leistung für Verkehrsarten, Modi, Fahrzeuge, Produktionsformen etc.)</li> <li>› Datensets zu quantifizierbaren <b>Treibern</b> (bspw. Bevölkerung, Erwerbstätigkeit, BIP, Aussenhandel)</li> <li>› allenfalls auch aggregierte relationale Daten (Wunschlinien-Aggregate)</li> </ul>
	Energie und Umwelt	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Datensets mit aggregierten Entwicklungen zum Güterverkehr (in erster Linie Leistung für Verkehrsarten, Modi, Fahrzeuge, Produktionsformen etc.)</li> <li>› korridor- oder regionsbezogene aggregierte Daten zum Güterverkehr (Modi, Fahrzeuge, Produktionsformen)</li> <li>› Streckenbelastungen mit Fahrzeugen oder Zügen (ggf. nach Teilsegmenten)</li> <li>› elektronisch sowie als Karten, Tabellen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>› je nach Modell-Einsatz...</li> <li>› ...für aggregierte Modelle: <ul style="list-style-type: none"> <li>› Datensets zu aggregierten Grundstrukturen und Zeitreihen zum <b>Güterverkehr</b> (Aufkommen und Leistung für Verkehrsarten, Modi, Fahrzeuge, Produktionsformen etc.)</li> <li>› Datensets zu quantifizierbaren <b>Treibern</b> (bspw. Bevölkerung, Erwerbstätigkeit, BIP, Aussenhandel)</li> <li>› allenfalls auch aggregierte relationale Daten (Wunschlinien-Aggregate)</li> </ul> </li> <li>› ...für disaggregierte Modelle: <ul style="list-style-type: none"> <li>› Wunschlinien-Matrizen (teil- und gesamtmodal – je nach Einsatz entsprechender Modellstufen)</li> <li>› Netzmodelle mit entsprechenden Attributen</li> <li>› Erzeugungskennziffern und Parameter für Ziel-/Verkehrsmittel-/Routenwahl</li> </ul> </li> </ul>
	Infrastruktur	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Streckenbelastungen mit Fahrzeugen oder Zügen (ggf. nach Teilsegmenten), tlw. bis hin zu Knotenbelastungen</li> <li>› Modalsplit-Wirkungen (aus aggregierter Sicht)</li> <li>› Karten (Belastungs-/Differenzplots), Tabellen</li> <li>› Geodaten (Netze) zum Austausch mit Verkehrsmodell-Software</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Wunschlinien-Matrizen (teil- und gesamtmodal – je nach Einsatz entsprechender Modellstufen)</li> <li>› Netzmodelle mit entsprechenden Attributen</li> <li>› Erzeugungskennziffern und Parameter für Ziel-/Verkehrsmittel-/Routenwahl</li> </ul>

**Tabelle 7** Übersicht zu den Anforderungen an Daten-Formaten und -Umfängen nach Anwendungsbereichen aus Bedarfssicht und aus Modellsicht

**Datenstand**

Die Bedürfnisse zum Stand der Daten (Aktualität) sind anwendungsübergreifend ähnlich gelagert. I.d.R. besteht ein hohes Bedürfnis an einen so aktuell wie nur möglichen Datenstand. Dies betrifft sowohl Retrospektiv- wie auch Prospektivdaten.

Dass es dabei im Rahmen einer nationalen Güterverkehrsmodellierung zu Zielkonflikten kommen kann, ist jedoch allen Befragten bewusst. Auf der einen Seite wäre eine umgehende Berücksichtigung von neuesten Grundlagendaten (bspw. der inzw. jährlich vom BFS aktualisierten Bevölkerungsszenarien oder den neuesten Verkehrsstatistiken des BFS) wünschenswert, während auf der anderen Seite allzu volatile, d.h. sich ständig verändernde Prognosen als nicht zielführend erachtet werden.

### 3.4. ZWISCHENFAZIT

Generell ist festzustellen, dass es einen Bedarf an Daten zum Güterverkehr gibt. Nur schon aus der Sicht der befragten Stellen (UVEK-Ämter, Kanton, SBB Infrastruktur) zeigt sich eine hohe Bandbreite an **Anwendungsbereichen** mit entsprechenden Fragestellungen. Diese Anwendungsbereiche lassen sich wie folgt abgrenzen:

- |                             |  |
|-----------------------------|--|
| 1: Treiber zum Güterverkehr | Hintergrundinformationen und Wirkungszusammenhänge zur Genese von Transportvorgängen und deren Entwicklungen,                    |
| 2: Regulativ                | Wirkungen von Massnahmen <i>mit</i> regulativem Charakter,   |
| 3: Energie und Umwelt       | Wirkungen von Massnahmen <i>auf</i> Energie(-verbrauch) und Umwelt (Lärm, Luftschadstoffe, Klimagase, Partikel),                 |
| 4: Infrastruktur            | Wirkungen von (zumeist baulichen oder organisatorischen) Massnahmen <i>auf</i> Infrastrukturen (Strecken, Knoten und Standorte). |

Mit Blick auf die mit den entsprechenden Fragestellungen verbundene **Art der gesuchten Daten und deren Differenzierung** lassen sich zwei Schwerpunkte erkennen:

- › Bedarf an Informationen und Daten zu übergeordneten Entwicklungen,
- › Bedarf an Daten zu (räumlich, strukturell) spezifischen Fragestellungen.

#### **Daten zu übergeordneten Entwicklungen**

Ein Grossteil der Fragestellungen nimmt räumlich einen nationalen, übergeordneten Blickwinkel ein. Dazu gehört überwiegend der Anwendungsbereich 1 (Treiber; bspw. Perspektiven, Hintergrundinformationen für diverse Arbeiten). Aber auch grosse Teile des Anwendungsbereichs 2 (Regulativ) sind diesem Blickwinkel zuzuordnen (bspw. Nachtfahrverbot, LSVA, Verlagerungspolitik, Förderung KV etc.). Dazu kommen einige wenige Fragestellungen des Anwendungsbereichs 3 (Energie und Umwelt; bspw. Energieperspektiven, Lärmsanierung im Rahmen FinÖV etc.); der Anwendungsbereich 4 (Infrastrukturen) ist hiervon nur in geringem Umfang betroffen (bspw. Verlagerungswirkungen NEAT).

Die benötigte Tiefe der Datenstrukturierung für diese Fragestellungen ist eher begrenzter Natur (Verkehrsarten, Modi, allenfalls noch Fahrzeugsegmente oder Warengruppen, ggf. gewisse Regionalisierungen); dazu kommen qualitative Hintergrundinformationen. Zumeist beschränken sich diese Datenbedürfnisse auf Fragen der Nachfrage (Aufkommen, aber auch Leistung) und der Verkehrsmittelwahl; Routing-Fragen sind hier weniger relevant. Dafür aber steht ein hohes Bedürfnis an aktuellsten Daten – sowohl retrospektiv (Monitoring) wie auch prospektiv (Szenarien der Input-Daten).



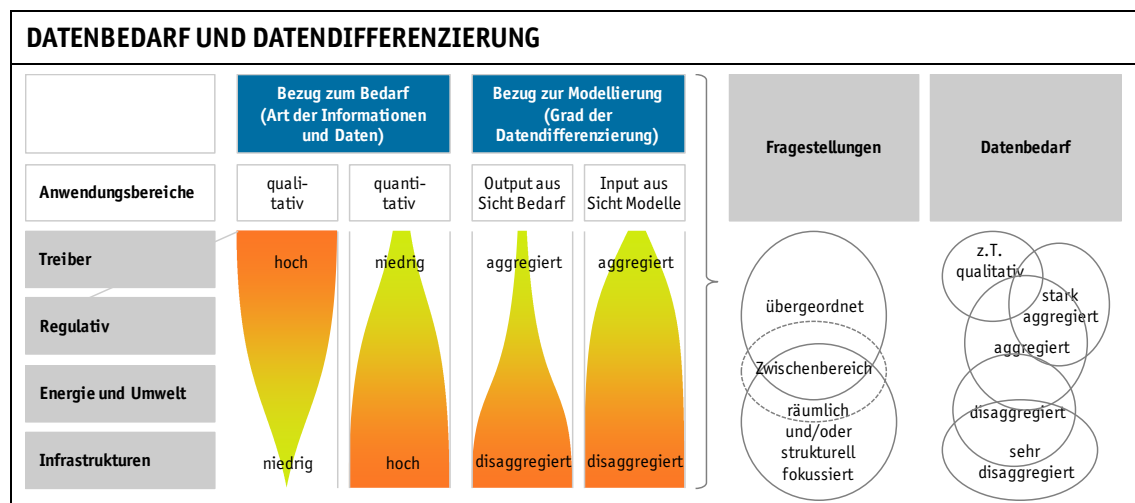
### Daten zu (räumlich, strukturell) spezifischen Fragestellungen

Ein ebenfalls nicht unerheblicher Teil an Fragestellungen fokussiert räumlich auf regionale, örtliche oder strecken-/knotenbezogene Betrachtungen. Dazu kommen Fragen zu spezifischen Segmenten des Güterverkehrs (Warenarten resp. Branchen, Fahrzeuge, Produktionsformen im Schienengüterverkehr etc.). Hauptsächlicher Anwendungsbereich ist der Bereich 4 (Infrastrukturen; bspw. STEP, PEB, ZMBs, Terminals, PEZA etc.). Aber auch der Bereich 3 (Energie und Umwelt) fokussiert mit vielen Fragestellungen räumlich und strukturell (Lärm-/Luftschadstoffkataster, MFM-U, UVPs etc.). Wenn es um verortbare regulative Massnahmen geht, dann ist auch der Anwendungsbereich 2 (Regulativ) betroffen (bspw. Fahrverbote, Tempolimits).

Dabei steht mit Blick auf den gewünschten Output vielfach das Routing im Vordergrund – dies impliziert aber, dass aus disaggregierten Modellen ein Output aus vorgelagertem Modellstufen vorgehalten wird oder die Modelle selber anzuwenden sind. Die Aktualität der Daten ist nachrangig – vielmehr geht es um Vergleiche von Zuständen (zeitlich und/oder infrastrukturell variiert).

Zwischen den übergeordneten Entwicklungen und den spezifischen Fragestellungen existiert noch ein **Zwischenbereich**, der bspw. räumlich einen hohen Massstab einnimmt, der aber modelltechnisch gesehen ähnlich hohe Anforderungen stellt wie die spezifischen Fragestellungen. Dazu zählen insb. streckenspezifische Belastungswerte basierend auf den dahinter stehenden (räumlich fein aufgelösten) Wunschlinienmatrizen und deren Darstellungen (Plots).

Die nachfolgende Figur 2 verknüpft die oben beschriebenen Sichtweisen aus Anwendungsbereichen einerseits und Datenart/-differenzierung andererseits und fasst sie dann nochmals mit Blick auf die Fragestellungen und den zugehörigen Datenbedarf zusammen.



Figur 2 Schematische Darstellung der mit den Anwendungsbereichen verbundenen Bedürfnisse an qualitativen und quantitativen Daten sowie hinsichtlich der Datendifferenzierung

### **Informationsbedürfnis**

Neben den konkreten Fragestellungen mit Bezug zum Güterverkehr ist ein grundsätzliches Informationsbedürfnis zu den güterverkehrsrelevanten Daten im Rahmen einer nationalen Güterverkehrsmodellierung zu attestieren. Hier existieren offenbar UVEK-intern Lücken, welche a) zu vermeidbarem Mehraufwand (jeder macht selbst etwas) und b) zu Unstimmigkeiten zwischen einzelnen Publikationen führen. Es geht zuallererst darum, eine Übersicht zu erhalten, wo welche Daten in welcher Form vorliegen und wie diese allenfalls zu beziehen wären. Dazu kommt mangelnde Information darüber, was das vorliegende NGVM oder ein Güterverkehrsmodell generell zu leisten vermag und in welcher Form allenfalls die Fragestellungen damit beantwortet werden könnten. Dies schliesst auch eine Abgrenzung von Modell- zu Perspektivarbeiten ein.

### **Rahmenbedingungen zur Anwendung eines NGVM**

Angesprochen wurden im Rahmen der Bedürfnisanalyse auch potenzielle **Erfolgsfaktoren** einer nationalen Güterverkehrsmodellierung. Vielfach wurde dabei Bezug zur Personenverkehrsmodellierung genommen. Die wichtigsten Erfolgsfaktoren sind demnach:

- › einfache Datenverfügbarkeit,
- › kurze Reaktionszeiten auf Datenanfragen,
- › Möglichkeit der Modellanwendungen durch externe Dritte,
- › überschaubare Kosten bei der Modellanwendung,
- › Transparenz und Nachvollziehbarkeit von Modellresultaten.

Dass es dabei zu **Zielkonflikten** kommen kann, wird an der Bandbreite der inhaltlichen und organisatorischen Anforderungen deutlich. Angeregt wurde mehrfach unter der Thematik der Erfolgsfaktoren die Modellierung in verschiedenen Anwenderstufen (light- vs. Expert-Version). D.h. es wären Anwendungsbereiche denkbar, welche mit vereinfachten Modellen oder Methoden umsetzbar wären, während für spezifische Fragestellungen ein nach wie vor komplexes Modell vorzuhalten wäre.

### **Implikationen zur Strategiaufstellung**

Die Grundsatzfrage zur Notwendigkeit einer nationalen Güterverkehrsmodellierung ist eindeutig positiv beantwortet. Damit wird eine entsprechende Strategie benötigt.

Die Abstufung zwischen Datenbedarf und Datendifferenzierung lässt eine entsprechend gestaffelte Strategie sinnvoll erscheinen:

- › Strategie zum Umgang mit übergeordneten Fragestellungen und insbesondere zum Umgang mit den *Perspektiven zum schweizerischen Güterverkehr*,
- › Strategie zum Umgang mit räumlich und strukturell besehen spezifischen Fragestellungen.

Darüber hinaus erscheint es angeraten, eine Strategie zur bundesinternen Information und Kommunikation begleitend zur nationalen Güterverkehrsmodellierung aufzustellen; diese Strategie ist nicht Kernpunkt der vorliegenden Arbeit, gleichwohl aber soll sie hiermit angestossen werden.

## 4. METHODEN UND MODELLE

Die nachfolgende Gliederung und Beschreibung der Methoden für Güterverkehrsmodelle, des vorhandenen nationalen Güterverkehrsmodells (NGVM) sowie der kommerziellen Produkte erfolgt gemäss dem klassischen Vier-Stufen-Modell der Verkehrsplanung. Hier wird differenziert in die Modellebenen:

MODELLEBENEN	
Ebene	Erläuterung
1 Verkehrserzeugung	Welche Verkehrsmenge (Tonnen, Fahrzeuge, Behälter etc.) hat in einer räumlichen Einheit (Verkehrszelle) in einem definierten Zeitraum (Jahr, Monat, Tag, Stunde) seine Quelle bzw. sein Ziel?
2 Verkehrsverteilung	Wie sind die Verkehrsmengen in den räumlichen Einheiten miteinander verknüpft? Damit verbunden ist die Erstellung einer Quell-Ziel-Matrix einschliesslich der damit verbundenen Verkehrsmengen (Wunschlinien der Güterverkehrsnachfrage).
3 Verkehrsmittelwahl	Die Aufteilung der Quell-Ziel-Matrix auf einzelne Verkehrsträger (Modi). Zumeist beinhaltet diese Modellstufe auch eine Aufteilung der Tonnenströme auf Logistiksysteme, womit vielfach eine Modalwahl mit- oder doch zumindest vorbestimmt wird. <sup>8</sup>
4 Routenwahl	Hier wird die tatsächliche Routenwahl der Verkehrsströme im Verkehrsnetz der einzelnen Verkehrsträger abgebildet.

**Tabelle 8** Übersicht zu den Modellebenen entlang des klassischen Vier-Stufen-Modells

### Vorbemerkung zur Modellierung von Güterverkehr

Die oben aufgeführten Modellstufen sind bewusst der Vorbemerkung zur Modellierung vorangestellt. Denn: Im Gegensatz zur Modellierung im Personenverkehr sind integrierte, d.h. über alle Modellstufen reichende Modelle im Güterverkehr faktisch nicht vorhanden.

Vielmehr lassen sich zwei grobe **Anwendungsbereiche** identifizieren: Einerseits die Anwendung von Methoden resp. Modellen, welche mehr oder weniger nur eine Modellstufe beinhalten. Es handelt sich dabei v.a. um spezifische Fragestellungen, bspw. zum Modalsplit (einer bereits „vorhandenen“ Nachfrage) oder zum Routing von modalen, vielfach bereits eng abgegrenzten Segmenten oder Teilbereichen des Güterverkehrs.

Auf der anderen Seite stehen allfällige Gesamtanwendungen, welche dann unterschiedlichste Methoden und Modelle miteinander verbinden – vielfach jedoch „nur“ und aus pragmatischen Gründen ohne (umfangreiche) Rückkopplungen, wie sie in der Personenverkehrsmodellierung üblich sind. Zumeist handelt es sich bei solchen Gesamtanwendungen um vergleichbare nationale Güterverkehrsmodellierungen. Es ist sicher nicht falsch festzustellen, dass der erstgenann-

<sup>8</sup> In Ergänzung zu den „klassischen“ vier Modellstufen gibt es auch Ansichten, dass diese Umrechnung von Tonnenströmen in Sendungs-/Transportgefäss-/Fahrzeuggrössen auch als eigenständige Modellstufe geführt werden kann und sich damit die vier Stufen auf fünf erweitern.

te Anwendungsbereich der Behandlung spezifischer Fragestellungen mit einzelnen Modellstufen in der Praxis überwiegt.

Ohne der nachfolgenden Evaluation vorweggreifen zu wollen, ist dennoch vorab anzumerken, dass es grundsätzlich Einschränkungen bei der Modellierung des Güterverkehrs gibt. Um es vorsichtig auszudrücken: Der Güterverkehr besitzt einen Grad an **Komplexität**, welcher einer Vereinfachung der Vorgänge im Rahmen von Modellen nicht unbedingt zuträglich ist.

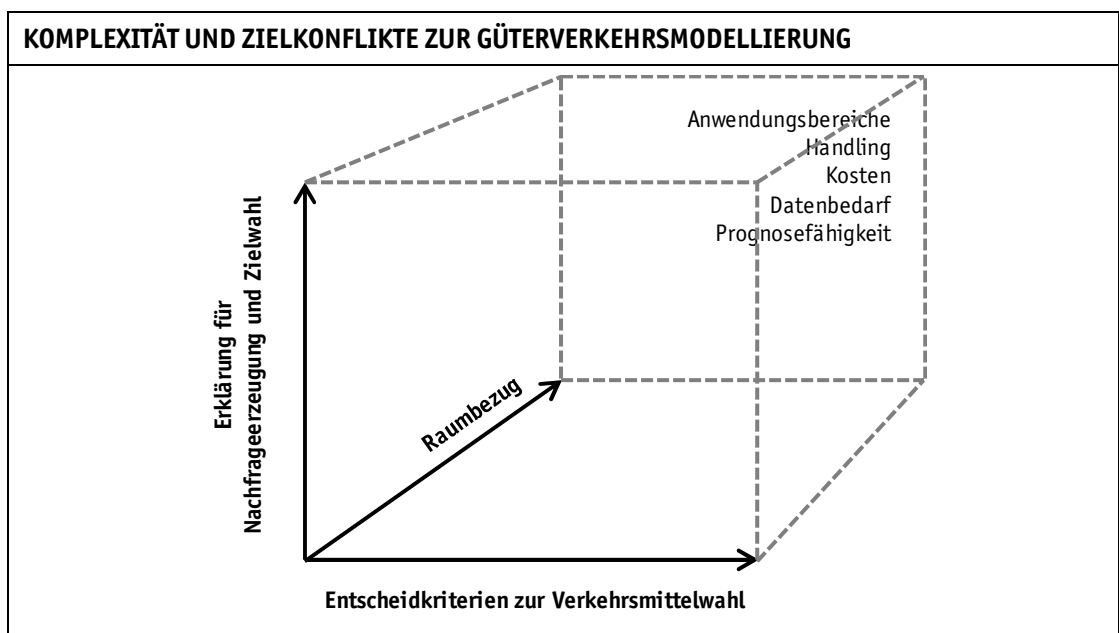
Dazu nur zwei Beispiele aus der Nachfrageerzeugung resp. Zielwahl und der Verkehrsmittelwahl. Die Nachfrageerzeugung – also die Generierung von (zonenbezogenen) Aufkommensmengen in Form von Tonnen – operiert zumeist mit Kenngrössen des wirtschaftlichen Handelns. Dies können wertbezogene (Umsatz, Wertschöpfung etc.), personenbezogene (Beschäftigte) oder aber auch nutzungsbezogene (Flächen) Kenngrössen sein. Im Schweizer Binnenverkehr generiert sich ca. ein Drittel der Gesamttonnage aus Transporten von Steinen und Erden. Dahinter stehen zumeist Bautätigkeiten. Diese jedoch haben naturgemäss keinen festen Standortbezug – gebaut wird überall. Mit dem Wissen, dass weitere ca. 15% des Aufkommens durch sonstige Baustofftransporte bestimmt werden, ist also fast die Hälfte des (gesamtmodalen!) Binnenverkehrsaufkommens der räumlich erratischen Bautätigkeit zuzuordnen. Wie soll damit ein Güterverkehrsmodell bei der Erzeugung und dann ebenfalls bei der Verkehrsverteilung umgehen?

Die Komplexität der Entscheidungsprozesse in der Modellstufe der Verkehrsmittelwahl gibt folgendes Beispiel wieder: Ein Arbeitskreis des deutschen Bundesverbandes für Materialwirtschaft, Einkauf und Logistik (BME) hat über 80 (!) Kriterien zur Auswahl des aus Sicht eines Verladers am besten geeigneten Verkehrsmittels aufgestellt (BME 2014). Dass dann aus Sicht des Verladers – oder in Modelllogik gedacht: aus Sicht der in der Nachfrageerzeugung generierten und in der Zielwahl relational verteilten Ware in Form von Tonnen – noch weitere Variablen aus den an einem Transport beteiligten Akteuren entstehen, ist dabei noch gar nicht berücksichtigt (Speditore, Operateure, Transporteure, allenfalls weitere physisch zur Wertschöpfung aktive oder nur virtuell agierende Dienstleister etc.).

Analoge Beispiele zur Komplexität des Güterverkehrs lassen sich in allen Modellstufen finden. Das Grundproblem besteht zumeist darin, dass es an Kenngrössen (resp. entsprechende Datengrundlagen) fehlt, welche diese komplexen Entscheidungsprozesse angemessen wiedergeben können. Sprich: Gerade Güterverkehrsmodelle müssen abstrahieren und vereinfachen. Der Grad zwischen angemessener Wiedergabe der Wirklichkeit und nur noch eingeschränkt brauchbarer Aussagen ist dabei sehr schmal (aggregiert versus disaggregiert). Dieser Zielkonflikt ergibt sich v.a. vor dem Hintergrund der Prognosefähigkeit der Modelle: Für die Abbildung heutiger oder vergangener Zustände mag die Datenlage noch vergleichsweise gut aussehen – für die Ableitung

künftiger Zustände (geschweige denn kontinuierlicher Entwicklungen über die Zeit) fehlt schlicht der entsprechend disaggregierte Input.

Zur Komplexität aus Aggregationsstufe und Entscheidungskriterien kommt mit dem räumlichen Bezug und dessen Differenzierung eine dritte Dimension hinzu. Mit Blick auf eine Schweizer nationale Güterverkehrsmodellierung erhöht diese dritte Dimension die Komplexität: Jede zehnte über Schweizer Infrastrukturen transportierte Tonne besitzt gar keinen Nachfrage-Bezug zur Schweiz, da sie „nur“ im Transit als Durchgangsverkehr aus der Nachfrage ausländischer Verflechtungen stammt. Mit Blick auf die – für viele Fragestellungen relevantere – Verkehrsleistung erhöht sich dieser Anteil auf ca. ein Drittel aller auf Schweizer Infrastrukturen erbrachten Tonnenkilometer. Dazu kommen die Ein- und Ausfuhren im grenzüberschreitenden Verkehr. Knapp ein Fünftel der Tonnage wie auch der Verkehrsleistung ist diesen Verkehrsarten zuzuordnen. Ein Güterverkehrsmodell, welches diese Transportströme (Import, Export, Transit) berücksichtigen soll, muss räumlich gesehen zwangsläufig ein europäisches Güterverkehrsmodell sein.<sup>9</sup>



**Figur 3** Schematische Darstellung zu den drei Dimensionen der Komplexität zur Güterverkehrsmodellierung vor dem Hintergrund diverser Zielkonflikte

<sup>9</sup> Bei Schweizer Importen und Exporten sind Frankreich, Deutschland und Italien sowie Belgien und die Niederlande die wichtigsten Partnerländer (zumindest bei Handelsgütern; inkl. der Energieträger kommen weitere Länder, v.a. als Lieferanten, hinzu). Für den Transit ist die gleiche Ländergruppe von Bedeutung, da diese den Hauptteil des den Transit dominierenden italienischen Aussenhandels darstellt.

Diese Vorbemerkung soll allerdings nicht zu einer derart negativen Bewertung führen als dass es von vornherein auszuschliessen wäre, den Güterverkehr überhaupt angemessen modellieren zu können. Wie die Bedürfnisanalyse zeigt, ist der Güterverkehr ein relevantes Thema im Rahmen von Verkehrs- und Umweltpolitik sowie bei der Raumordnung. Die Relevanz wird mitnichten abnehmen – im Gegenteil wird eine Bedeutungszunahme erwartet. Daher muss eine Schweizer nationale Güterverkehrsmodellierung entsprechende Antworten zur Verfügung stellen.

### **Methoden und Modelle**

Im vorliegenden Kapitel wird bewusst zwischen Methoden und Modellen unterschieden. Als *Modelle* werden Anwendungen bezeichnet, welche *Methoden* zur Modellierung des Güterverkehrs einsetzen. Es ist daher vorab notwendig, eine Auslegeordnung zu den generell vorhandenen Methoden nach dem heutigen Stand der Wissenschaft hinsichtlich der (theoretischen) Modellierung von Güterverkehr zu erstellen.

Im Anschluss daran sollen die für eine nationale Güterverkehrsmodellierung tatsächlich infrage kommenden Modelle erfasst und eingeschätzt werden. Dabei werden Modelle berücksichtigt, die sich in Form einer praxistauglichen Applikation erwerben lassen („kommerzielle Softwarepakete“). Allzu theoretische, insb. im breiten universitären Umfeld vorhandene Modelle bleiben dabei aussen vor; hier sind weder Praxistauglichkeit noch Support oder Weiterentwicklung gewährleistet – auch wenn sie wohlmöglich gute Lösungen beinhalten.

Bei der Betrachtung der infrage kommenden Modelle hat sich gezeigt, dass es *die eine* kommerzielle Applikation als Standardsoftware über alle Modellstufen für eine nationale Güterverkehrsmodellierung nicht gibt. Vielmehr muss auch zukünftig auf eine Mischung verschiedener Methoden zurückgegriffen werden. Dies entspricht einer Kombination von kommerzieller Standardsoftware, von Programmanpassungen und von Modulen in Standardsoftware wie Excel oder Access. Bevor im Kapitel 4.3.2 auf die zur Verfügung stehenden Modelle („kommerziellen Softwarepakete“) eingegangen wird, erörtert zuvor das Kapitel 4.3.1 den Umgang mit dieser Methoden- und Modell-Kombination im Rahmen vergleichbarer nationaler Güterverkehrsmodellierungen.

## 4.1. AUSLEGEORDNUNG DER MODELLANSÄTZE UND METHODEN

Im diesem Kapitel werden zunächst kurz die grundlegenden Modellierungsansätze und Methoden der Güterverkehrsmodellierung beschrieben, um eine Grundlage für die Beschreibung und Bewertung der Modellierungsansätze im nationalen Güterverkehrsmodell sowie in anderen Modellansätzen zur Güterverkehrsmodellierung zu schaffen. Dabei kann nur kurz auf die verschiedenen Modellansätze und ihre Verwendung eingegangen werden. Hierbei wird auch auf die besonderen Herausforderungen der Güterverkehrsmodellierung im Gegensatz zur Personenverkehrsmodellierung beschrieben. Im Rahmen der Modellbeschreibung erfolgt eine Bewertung, ob der Modellansatz grundsätzlich für ein zukünftiges NGVM geeignet sein könnte oder ob der Modellansatz von vorneherein zu verwerfen ist.

### 4.1.1. VERKEHRSERZEUGUNG

Bei der Verkehrserzeugung werden die Mengen an Waren (zumeist in Tonnen, teilweise aber auch in Sendungen, Containern oder anderen Einheiten), die aus den einzelnen Quellregionen (oder Quell-Verkehrszellen) und in die Zielregionen (oder Zielverkehrszellen) transportiert werden, ermittelt. Dabei kann die räumliche Differenzierung vom gesamten Untersuchungsraum (im konkreten Fall beispielsweise die Gesamtverkehrsmenge in der Schweiz) bis hin zu sehr fein differenzierten Verkehrszellen auf der Ebene von Gemeinden oder Gemeindeteilen reichen. Das Verkehrserzeugungsmodell liefert damit zwar die Gesamtverkehrsmengen für den Quell- und/oder Zielverkehr der betrachteten Untersuchungsräume. Es untersucht jedoch nicht, welche Verflechtungen zwischen Quellen und Senken der Verkehrsströme vorhanden sind.

Hinsichtlich des Grades der Datendifferenzierung können mit den meisten Methoden sowohl aggregierte wie auch disaggregierte Ansätze umgesetzt werden – die Frage der Transparenz und Erklärbarkeit von Wirkungszusammenhänge einmal ausgeblendet. Vielfach aber operieren die Modellansätze mit aggregierten Daten, das heisst einer Zusammenfassung der Daten mindestens auf der Ebene von Gütergruppen, Marktsegmenten und grösseren regionalen Einheiten.

Das bestehende NGVM ist nach dieser Definition bereits eher als disaggregiertes Modell einzuordnen, da es sowohl räumlich wie auch strukturell eine hohe Anzahl an entsprechenden Treibern resp. Erklärungsgrössen berücksichtigt und daraus entsprechend disaggregierte Aufkommensmengen ermittelt.

Beispiele für noch deutlich disaggregiertere Ansätze, in denen eine Nachfrageermittlung auf Basis einzelner Akteure bzw. der einer einzelnen Sendung erfolgreich durchgeführt wurde, konnten in der Literatur nicht gefunden werden.



### **Regressionsmodelle**

Bei Regressionsmodellen wird der funktionale Zusammenhang zwischen der Entwicklung von Einflussgrössen (unabhängige Variablen) und des Güterverkehrsverkehraufkommen verwendet, um die Verkehrsnachfrage zu ermitteln. Grundlage hierzu sind Verkehrszellen, bei denen die Einflussgrössen im heutigen Zustand bekannt sind und gegebenenfalls deren zukünftige Entwicklung prognostiziert ist. Ein kausaler Zusammenhang muss zwischen Einflussgrösse und Güterverkehrsverkehraufkommen nicht bestehen, es genügt eine zumeist durch ex-post-Analysen nachgewiesene Korrelation. Je nach Art und Anzahl der in das Regressionsmodell integrierten Einflussgrössen können diese Modelle auch mit wenigen Einflussgrössen gute Abschätzungen der Verkehrsnachfrage liefern. Bei der Auswahl der Einflussgrössen ist allerdings sorgfältig vorzugehen, da eine Auswahl ungeeigneter Einflussgrössen zu falschen Ergebnissen führen kann, die insbesondere bei prognostischen Arbeiten nicht immer einfach zu erkennen sind.

### **Zeitreihen**

Auf Zeitreihen basierende Modelle schreiben Trends aus der Vergangenheit in die Zukunft fort. Dabei können je nach gewünschter Komplexität diese Modelle mit einfachen, sehr aggregierten Wachstumsfaktoren erstellt oder es werden komplexe, autoregressive Modelle<sup>10</sup> mit gleitenden Durchschnitten verwendet.

### **Neuronale Netzwerke**

Neuronale Netzwerke ermöglichen Prognosen allein auf der Grundlage von Daten. Dabei ist es hilfreich, wenn neben den eigentlichen Nachfragedaten auch Daten zu potenziellen Einflussgrössen vorhanden sind. Die Modelle erkennen, ohne dass vorher explizit die Verknüpfungen zwischen den Einflussgrössen und der Verkehrsnachfrage in das Modell integriert werden müssen, selbständig die relevanten Einflussgrössen sowie deren funktionale Verknüpfung mit der Verkehrsnachfrage; damit sind diese Modelle de facto selbstlernende Regressionsmodelle.

Mit neuronalen Netzwerken lassen sich in anderen Bereichen sehr genaue Prognosen erstellen. Dabei können die Modelle komplexe Abhängigkeiten zwischen Einflussgrössen und abhängigen Variablen erkennen und abbilden. Nachteil der Modelle ist, dass sie für das Lernen eine grosse Datenmenge von ex-post-Daten benötigen. Ausserdem erkennen die Modelle aufgrund der reinen Datenorientierung potenzielle Trendbrüche in der Zukunft nicht. Damit sind diese Modelle für Kurz- und Mittelfristprognosen (wenige Stunden bis ein Jahr) geeignet. Für Lang-

<sup>10</sup> Bei autoregressiven Modellen entstehen die Prognosewerte nur durch die Fortschreibung der Vergangenheitswerte, so dass im Gegensatz zu herkömmlichen Regressionsmodellen keine Abhängigkeiten zu externen Treibern (unabhängigen Variablen) bekannt sein müssen.

fristprognosen wird die Eignung bezweifelt. Allerdings sind neuronale Netzwerke in der Güterverkehrsmodellierung bisher auch nur in geringem Umfang eingesetzt worden.

### **Treibermodelle (System dynamics)**

Treibermodelle bilden zukünftige Entwicklungen über komplexe Beziehungen zwischen einzelnen Systemelementen und deren Abhängigkeiten ab. Dabei wird ausgehend von bestimmten grundlegend prognostizierbaren oder anderweitig prognostizierten Entwicklungen (zumeist Bevölkerungswachstum, Wirtschaftswachstum etc.) über mehrstufige Abhängigkeiten mit Einflussfaktoren und deren quantitativen Abhängigkeiten versucht, die Verkehrsentwicklung zu prognostizieren. Die quantitativen Wirkungen zwischen den einzelnen Treibern werden dabei häufig der Literatur entnommen.

Das Problem bei Treibermodellen ist im Allgemeinen, dass die quantitativen Abhängigkeiten häufig nicht ausreichend bekannt oder sinnvoll quantifizierbar sind (z.B. Wirkung von allgemeinen politischen Massnahmen) und daher von den Modellerstellern abgeschätzt werden müssen. Hier besteht eine latente Gefahr für Ungenauigkeiten im Modell. Diese werden in der Regel durch Prüfen der Modellergebnisse auf Plausibilität und darauf aufbauende Anpassung der Nachfragewirkungen der einzelnen Treiber reduziert. Treibermodelle können neben der Verkehrserzeugung auch zur Erzeugung einer Quell-Ziel-Matrix für die Verkehrsverteilung verwendet werden. Im Allgemeinen enthalten aber Treibermodelle nicht ausreichend Rauminformationen und keine ausreichende Netzdetallierung, um zu einer hinreichend genauen Modellierung zu gelangen.

### **Transportintensitäten**

Modelle auf Basis von Transportintensitäten<sup>11</sup> ermitteln die Verkehrsnachfrage durch Unterteilung des Untersuchungsraums in Verkehrszellen. Innerhalb der Verkehrszellen werden dann je nach Datenverfügbarkeit die Nutzungsarten und/oder andere sozioökonomische Kenngrößen wie Arbeitsplätze oder Wirtschaftsleistung nach Branchen ermittelt. Aufgrund der den jeweiligen Einflussgrößen eigenen Transportintensitäten wird dann das Transportaufkommen der jeweiligen Verkehrszelle hochgerechnet. Die Prognose zukünftiger Verkehrsmengen erfolgt über die Entwicklung der jeweiligen Einflussgrößen. Hier wird sich beispielsweise bereits bestehender Wirtschafts- und Arbeitsplatzprognosen bedient (Problem dabei: „Verlagerung“ des Prognoseproblems). Die den Prognosen zugrunde liegenden Transportintensitäten entstammen zumeist

<sup>11</sup> Transportintensitäten sind Werte für Verkehrsmengen bezogen auf räumliche oder sozioökonomische Einflussgrößen ggf. differenziert nach Branchen oder Verarbeitungsstufen. Beispiele sind: Tonnen je Franken des BIP oder Tonnen pro m<sup>2</sup> Industriefläche oder Tonnen pro Arbeitsplatz etc.

Regressionsanalysen aus ex-post-Daten. Eine Veränderung der Transportintensitäten ist zwar nur schwierig zu prognostizieren, Vorteil der Methode aber ist, dass die Intensitäten zumeist einen stetigen oder kontinuierlichen, aber kaum volatilen Verlauf besitzen. Sollte also eine Prognose zu Sprüngen in diesen Verläufen führen, so gibt dies entweder Hinweise auf Trendbrüche oder aber es zeigt sich die Notwendigkeit zur Nachsteuerung der Prognose. Faktisch dienen Transportintensitäten damit als Kontrollinstrument zu den Ergebnissen anderer Methoden im Rahmen der Nachfrageerzeugung – insbesondere der Übergang zwischen Treibermodellen und Transportintensitäten ist fließend.

### **Input-Output**

Input-Output Modelle basieren auf makroökonomischen Daten in Form von monetär bewerteten Werteflüssen zwischen den einzelnen Wirtschaftsbereichen und zu den Endverbrauchern. Dabei werden in der Regel ex-post-Daten verwendet und in die Zukunft prognostiziert. Für die Gesamtkonomie sind diese Input-Output-Daten für viele Länder vorhanden, eine regionale Aufgliederung inklusive der ökonomischen Verflechtungen zwischen den Regionen ist jedoch eher selten. Bei der Verwendung der Input-Output-Modelle erfolgt die Abschätzung der Verkehrsmengen ebenfalls aus – nach Wirtschaftsbereichen differenzierten – Transportintensitäten. Diese aber beziehen sich hier, im Gegensatz zu den klassischen Modellen mit Transportintensitäten, auf die *transferierten* Werte und nicht auf Strukturgrößen. Ausserdem erzeugen Input-Output-Modelle immer implizit die mit den Werteflüssen verbundenen Warenströme als Quell-Ziel-Matrizen. Damit erzeugen Input-Output-Modelle automatisch eine Verkehrsverteilung. Aufgrund der sehr aggregierten Datenstruktur im Bereich der makroökonomischen Daten und der schwierig zu integrierenden Veränderung von Transportintensitäten, eignen sich diese Modelle im Allgemeinen nur für grobe, d.h. (stark) aggregierte Abschätzungen. Auch zu den Input-Output-Modellen ist festzuhalten, dass hier faktisch eine „Problemverlagerung“ stattfindet. Oder anders ausgedrückt: Fehler der ökonometrischen Methoden, welche diese Input-Output-Tabellen auch „nur“ modellieren, werden auf die Güterverkehrsnachfrage(-relationen) übertragen.

### **Raumgleichgewichtsmodelle**

Raumgleichgewichtsmodelle verwenden als Grundlage zur Ermittlung der Transportströme eine komplexe Modellierung der Produktions-, Transport- und Konsumbeziehungen in einer Volkswirtschaft. Hierbei werden die Verhaltensweisen der einzelnen Akteure einer Volkswirtschaft modelliert. Dabei wird jedem Akteur ein ökonomisches Verhalten unterstellt. Anhand der Interaktionen zwischen den Akteuren können dann Waren- und Geldflüsse modelliert werden. Dabei werden die ökonomischen Gleichgewichtsbedingungen als Randbedingung vorgegeben. Im

Rahmen des Modells können Akteure unterschiedlich aggregiert und auch regional als gleichartige Akteurskollektive<sup>12</sup> modelliert werden.

Je nach Aggregationszustand liegen Raumgleichgewichtsmodelle an der Grenze zu Input-Output-Modellen oder zu neoklassischen Modellen. Ergebnis von Raumgleichgewichtsmodellen sind Güterströme differenziert nach Gutarten und Quelle und Ziel; d.h. implizit inklusive der zugehörigen Randsummen betreffend Quell- und Ziel-Aufkommen.

#### 4.1.2. VERKEHRSVERTEILUNG

Im Verkehrsverteilungsmodell werden die im Erzeugungsmodell ermittelten Aufkommensmengen miteinander verknüpft, so dass nun Quell-Ziel-Beziehungen – in Matrixform – vorhanden und mit Mengen hinterlegt sind. Die Verkehrsverteilungsmodelle arbeiten vielfach mit aggregierten Mengen, gegebenenfalls wird stärker disaggregiert nach Warengruppen oder Marktsegmenten.

##### **Gravitationsmodell**

Das Gravitationsmodell ist das am häufigsten verwendete Modell für die Verkehrsverteilung im Güterverkehr. Die Verkehrsmenge zwischen zwei Zellen  $i$  und  $j$  ist dabei eine Funktion des Produktes der Erzeugung der Zelle  $i$  und der Nachfrage der Zelle  $j$  sowie der Entfernung oder der Transportkosten zwischen den beiden Zellen. Die Attraktion zwischen zwei Aufkommensschwerpunkten kann dabei ebenfalls Bestandteil der Funktion sein (unabhängig wie diese gestaltet sein mag, bspw. als Widerstandsfunktion oder als Nutzenfunktion) – sie zu beschreiben ist jedoch im Güterverkehr insb. aufgrund der den Logistikprozessen geschuldeten Sachzwänge äußerst schwierig.

##### **Input-Output-Modelle oder Raumgleichgewichtsmodelle**

Sofern in Input-Output-Modellen oder Raumgleichgewichtsmodellen regionale Verflechtungen enthalten sind, erzeugt dieses implizit eine Verkehrsverteilung. Diese Verkehrsverteilung ist allerdings aufgrund der räumlich meist nur aggregiert vorliegenden Werteflussmatrizen in der Regel wenig differenziert.

<sup>12</sup> z.B: bestimmte Haushaltstypen oder Unternehmenstypen

### 4.1.3. VERKEHRSMITTELWAHL

Verkehrsmittelwahlmodelle teilen die Quell-Ziel-Ströme als Ergebnis der Verkehrsverteilungsmodelle auf die einzelnen Verkehrsmittel (Strasse, Schiene, Binnenschiff, Seeschiff, Luftfahrt und kombinierter Verkehr) auf. Dabei werden sowohl aggregierte Modelle, die eine Verteilung auf Basis von Gutarten und Quell-Ziel-Beziehungen zwischen Verkehrszellen als auch disaggregierte Modelle auf Sendungsbasis und allenfalls unter Berücksichtigung der damit verbundenen Logistiksysteme verwendet.

#### **Elastizitätsmodelle**

Elastizitätsmodelle gehören zu den aggregierten Modellen, da bei Ihnen nur die Gesamtnachfrage für den gesamten Untersuchungsraum oder für Verbindungen zwischen einzelnen Verkehrszellen betrachtet wird. Diese basieren auf einer Änderung der Verkehrsnachfrage bei Veränderung einzelner Einflussvariablen (z.B. Transportkosten, Transportzeiten, Qualität etc.) – analog zu den Regressionsmodellen bei der Erzeugung der Verkehrsnachfrage. Dabei wird die Nachfrageveränderung jeweils eines Verkehrsträgers betrachtet. Für die weiteren Verkehrsträger wird als Näherung angenommen, dass ihre jeweilige Nachfrage konstant bleibt oder dass die Gesamtnachfrage konstant bleibt.

Mit dieser Randbedingung ist eine Abbildung von Verschiebungen zwischen einzelnen Verkehrsträgern nur schwierig möglich. Bei mehr als zwei Verkehrsträgern ist die Frage wie eine Nachfrageschiebung bei einem Verkehrsträger auf die übrigen Verkehrsträger aufzuteilen ist, allenfalls näherungsweise zu beantworten. Die verwendeten Nachfrageelastizitäten werden dabei entweder aus ex-post-Daten (analog zu den Regressionsmodellen) oder anhand von Expertenschätzungen ermittelt.

Aufgrund der grossen Unsicherheiten hinsichtlich der Mengenverschiebungen bei den nicht betrachteten Verkehrsträgern eignen sich Elastizitätsmodelle vor allem für erste überschlägige Abschätzungen oder zur Plausibilitätsprüfung der Ergebnisse anderer Modelle.

#### **Logit-/Probit-Modelle**

Logit- und Probit-Modelle verwenden – je nach Zahl der betrachteten Verkehrsträger – meist binomiale (bei zwei Verkehrsträgern) oder multinomiale (bei mehr als zwei Verkehrsträgern) Verteilungsfunktionen zwischen den Verkehrsträgern. Grundlage ist die Theorie der Nutzenmaximierung für die Entscheider bei der Verkehrsmittelwahl. Dabei können je nach Komplexität bei der Entscheidungsmodellierung wenige einfach zu ermittelnde Entscheidungskriterien (wie Transportzeit und Kosten) verwendet werden oder es werden sehr komplexe von unterschiedli-

chen Entscheidungsgrößen abhängige Entscheidungsmodelle verwendet. Je nach Aggregationsgrad unterschieden zwischen aggregierten und disaggregierten Modal-Split-Modellen.

*Aggregierte Logit-Modelle* benutzen für die Abschätzung der Verkehrsmittelwahl das Nachfrageaggregat einer gesamten Verkehrszelle oder Quell-Ziel-Beziehung – allenfalls differenziert nach Gutarten. Bei der Verwendung von aggregierten Logit-Modellen kann die Entscheidungsfindung für einen Verkehrsträger i.d.R. nicht als einfache 0/1-Entscheidung modelliert werden, da innerhalb der Aggregation eine differenzierte Verkehrsmittelwahl durch verschiedene Versender erfolgen kann.

*Disaggregierte Logit-Modelle* modellieren die Verkehrsmittelwahl auf der Ebene der einzelnen Sendung oder einzelner Sendungsrelationen eines Versenders. Da hier eine homogene Verkehrsmittelwahl vorherrscht, kann in diesem Fall eine 0/1-Modellierung als ausreichend genau angesehen werden.

Das Ergebnis der Logit-Modelle sind –im Gegensatz zu den Elastizitätsmodellen – zunächst „Marktanteile“ für die Verkehrsträger (in Prozent oder von Hundert). Diese müssen dann noch mit der Nachfrage multipliziert werden, um eine Verkehrsnachfrage in Tonnen, Fahrzeugen oder Sendungen je Verkehrsträger zu erhalten.

### **Multimodale Netzwerke**

Multimodale Netzwerke bilden in der Regel parallel die Verkehrsmittelwahl und die Routenwahl ab. Hierzu werden sämtliche verfügbare Transportalternativen (ggf. inklusive der zugehörigen Umladepunkte für die Abbildung von kombinierten Transportketten) in ein Netzmodell zusammengefügt. In diesem Netzmodell wird nun für jede Start-Ziel-Relation die jeweils verkehrsträgerübergreifend optimale Route für eine bestimmte Quell-Ziel-Beziehung gesucht. Damit wird parallel zur Routenwahl auch gleichzeitig („simultan“) die Verkehrsmittelwahl abgebildet. Die Auswahl der optimalen Route erfolgt zumeist auf Basis eines Kostenmodells, das auch andere Kriterien für die Verkehrsmittelwahl wie Transportzeiten, Umweltwirkungen etc. in Kostenkomponenten generalisiert.

Da in der Regel nur eine kostenoptimale Route vorhanden ist, ist die Routen- und Verkehrsmittelwahlentscheidung bei einer konkreten Quell-Ziel-Beziehung für eine Gutart oder ein Marktsegment i.d.R. eine 0/1-Entscheidung. Dieses entspricht nicht immer den realen Entscheidungen der Transportwirtschaft. Durch die Überlagerung einer Vielzahl von Quell-Ziel-Beziehungen kann sich aber im Aggregat aller Verflechtungen dieser Fehler wieder aufheben.

#### 4.1.4. ROUTENWAHL

Grundlage für ein Routenwahlmodell ist zunächst immer die Umwandlung der Tonnenströme aus dem Verkehrsmittelwahlmodell in Fahrzeugströme. Dabei kann – je nach Modellierung – ein sehr aggregierter Ansatz mit durchschnittlichen Beladungen für alle Fahrzeuge eines Verkehrsträgers verwendet werden. Oder es werden sehr detaillierte Umrechnungsverfahren eingesetzt, die neben der Gutart auch logistische Anforderungen bei der Zuordnung der Fahrzeuge verwenden.

Nach der Umwandlung der Tonnenströme in Fahrzeugströme kann nun für diese Fahrzeuge die Routenwahl in einem Verkehrsnetz abgebildet werden. Eine wichtige Differenzierung bei der Routenwahl stellt die Frage nach einer zeitlichen Differenzierung dar. Je nach tageszeitlicher Belastung des Netzes können sich Transportzeiten auf dem Strassen- und Schienennetz deutlich verändern. Entsprechend besitzen Routenwahlmodelle auch bei der zeitlichen Nachfragedifferenzierung grosse Unterschiede. Diese reichen von pauschalen Tagesmengen, die sich einer zeitlichen Differenzierung entziehen, über Betrachtungen in der Spitzenstunde bis hin zum Einsatz von zeitscharfen Belastungsdaten aus den Tagesganglinien des Aufkommens und den Transportzeiten von der Quelle bis zum jeweils betrachteten Querschnitt.

Dabei ist es sinnvoll, dass im Routenwahlalgorithmus die Netzbelastung aus dem Personenverkehr integriert wird, da der Güterverkehr nur einen Teil des Gesamtverkehrs darstellt. Bisher wird in Routenwahlmodellen des Strassenverkehrs in der Regel der Güterverkehr zunächst umgelegt. Diese Belastungen durch den Güterverkehr stellen dann eine Vorbelastung des Netzes bei der Personenverkehrsmodellierung dar. Eine Rückkoppelung der Belastungen des Personenverkehrs zum Güterverkehr findet nicht statt. Diese ist auch nach jetzigem Forschungsstand nicht möglich, da entsprechende Verkehrsstärke-Geschwindigkeitsfunktionen für den Güterverkehr bisher nicht vorhanden sind. Im Eisenbahnverkehr erfolgt die Umlegung der Güterverkehrsströme entweder im unbelasteten Netz oder unter Berücksichtigung der durch den Personenverkehr fix vorgegebenen Netzbelastungen.

##### **Optimale Route (kürzeste Wege)**

Hier wird, wie bereits bei den multimodalen Netzwerken beschrieben, die optimale Route für eine bestimmte Quell-Ziel-Beziehung im Netz gesucht. Dabei werden neben der Zeit und der Streckenlänge häufig weitere Faktoren wie Kosten etc. berücksichtigt. Nicht ausreichend berücksichtigt werden bei diesen Modellen schwierig quantifizierbare Randbedingungen wie Zuverlässigkeit etc. Dennoch sind die Kürzeste Wege-Modelle die häufigsten Modelle für die Routenwahl. Im Rahmen von „Multimodal Networks“ werden die Routenwahlalgorithmen häufig bereits in die Verkehrsmittelwahlmodellierung integriert.

#### 4.1.5. INTEGRIERTE MODELLE

Im Rahmen von integrierten Modellen werden die Nachfrage- und Verteilungsmodellierung auf der einen Seite und die Verkehrsmittelwahl- und Routenwahlmodellierung auf der anderen Seite in einem gemeinsamen Modell abgebildet. Hierbei handelt es sich fast ausschliesslich um disaggregierte Modelle, die die Entscheidungen auf der Ebene einzelner Unternehmen oder Individuen abbilden. In der Praxis sind diese Modelle bislang auf nationaler Ebene nicht eingesetzt worden. Allerdings zeigt sich in der Forschung ein gewisser Trend zu diesen Modellen, um die güterverkehrsspezifischen Probleme, die sich aus den der Personenverkehrsmodellierung abgeleiteten Vier-Stufen-Modellen ergeben, zu umgehen.

##### **Neoklassische Modelle**

Neoklassische Modelle entstammen der Unternehmensökonomie. In Ihnen wird der Transportvorgang als ein Kostenelement in der Produktionskette des Unternehmens angesehen. Die Frage des Transportvolumens ist damit eine Frage der Kostenoptimierung der Unternehmen, mit dem Ziel, ein bestimmtes Gut in der Summe aus Einkaufspreis plus Transportkosten möglichst günstig zu beschaffen. Damit werden in neoklassischen Modellen sowohl die Verkehrsnachfrage als auch die Zielwahl und ggf. auch die Verkehrsmittelwahl abgebildet. Da hier unternehmensinterne Entscheidungen auf einer sehr tiefen Ebene abgebildet werden müssen, eignen sich neoklassische Modelle vor allem für die Nachfrageermittlung auf der Ebene eines einzelnen Unternehmens und weniger für aggregierte Untersuchungen im Rahmen von nationalen Güterverkehrsmodellierungen.

##### **Agentenbasierte Modelle**

Agentenbasierte Modelle bilden im Personenverkehr auf Basis von Aktivitätenketten der einzelnen Akteure sowohl die Zielwahl als auch die Verkehrsmittelwahl und Routenwahl ab. Die Aktivitätenketten stellen dabei die Verkehrserzeugung dar, da aus diesen die Zahl der Wege der Agenten abgeleitet wird. Inwiefern diese aus dem Personenverkehr stammende Modelllogik auf den Güterverkehr anwendbar ist, ist derzeit noch in der Erprobung. Es werden aber einzelne Ideen zur Übertragung des agentenbasierten Ansatzes auf den Güterverkehr diskutiert; das IVT bspw. entwickelt derzeit ein Modell für den Einzelwagenverkehr, dieses beschränkt sich aber noch auf ein reines Routenwahlmodell.



### 4.1.6. ÜBERSICHT

Aus den Anforderungen und den untersuchten Modellansätzen wurde eine Matrix entwickelt, in der die Eignung der einzelnen Modellansätze für die verschiedenen Anforderungselemente ermittelt wurde:

		Erzeugung						Verteilung		Verkehrsmittelwahl		Routenwahl		Integrierte Modelle		
		Regressionsmodelle	Zeitreihen	Neuronale Netzwerke	Treibermodelle	Transportintensitäten	Input-Output	Raumgleichgewicht	Gravitationsmodelle	Input-Output	direkte Nachfragedaten	Multimodale Netzwerke	Logit- / Probit-Modelle	Optimale Route (kürzeste Wege)	Neoklassische Modelle	Agentenbasierte Modelle
Verkehrserzeugung (tw. auch Gesamtmodellebene)	Untersuchungsraum	Gesamtschweiz														
		Regionen														
		Korridore/Achsen			6											
		Netzelemente (Knoten/Kanten)														
	Modi	gesamtmodal														
		modalspezifisch			6	1	1	1	1							
	Verkehrsart	alle Verkehrsarten														
		Binnen														
		Import/Export														
		Transit														
	Marktsegmentierung	Warengruppen														
		Branchen														
	Zeitbezug	Jahresbezug														
		Tagesbezug	2	2	6	2	2	2	2							
		(Spitzen-)Stundenbezug	2	2	6	2	2	2	2							
	regionale Aufteilung	national (keine Verteilung)														
		Regionen (max. 20)		6												
		Verkehrszellen (max. 500)			6											
Individuen														6		
Verteilung	Art der Aufteilung															
	nur Quellen			6												
	Quelle/Ziel ohne Verflechtung			6												
Verkehrsmittelwahl	Verflechtung			6												
	nur einem Verkehrsträger												5			
	nur Landverkehr		3			1	1	1					5			
	alle Verkehrsträger		3			1	1	1					5			
	KV												5			
	Produktionssystem												5			
Routenwahl	Netze	Fahrzeugart											5			
		nur Achsen														
		Hauptstrecken/-strassennetz														
	Verkehrsmittel	gesamtes Verkehrsnetz														
		alle					1	1	1							
		Strasse					1	1	1							
		Schiene					1	1	1							
		Luftfahrt					1	1	1							
		(Binnenschiff)					1	1	1							
	Knotenpunkte	Kombinierter Verkehr														
		nicht modelliert														
		Terminals KV												4	4	
Logistikzentren													4	4		
Umlegung	Rangierbahnhöfe											4	4			
	Bestweg															
	Produktionssystem												4	4		
	ex-post-Daten															

- mit der Methode möglich
- mit der Methode unter Einschränkungen möglich (siehe Anmerkungen)
- mit der Methode nicht möglich

- Anmerkungen**
- 1 ergänzendes Modal-Split-Modell erforderlich
  - 2 nur über nachträgliche Ganglinien möglich
  - 3 Trendveränderungen lassen sich nicht abbilden
  - 4 Zusätzliche Module für Produktionssysteme erforderlich
  - 5 bei multimodalen Netzwerkmodellen
  - 6 aber vermutlich zu geringe Datenverfügbarkeit

Tabelle 9 Eignung der unterschiedlichen Modellansätze für die Anforderungen

## 4.2. BESTEHENDES NGVM

Das bestehende nationale Güterverkehrsmodell (NGVM) deckt mit einem Verkehrserzeugungsmodell, einem Verteilungsmodell und einem Verkehrsmittelwahlmodell drei der vier vorgenannten Modellebenen ab. Die Routenwahl wird im NGVM nicht (explizit) abgebildet.

### Verkehrserzeugung

Für das Verkehrserzeugungsmodell wird ein klassisches Treibermodell verwendet. Hierzu wurde die Schweiz in 2'945 Verkehrszellen zuzüglich 156 Verkehrszellen im benachbarten Ausland aufgeteilt. Grundlage der Mengenermittlung sind die Strukturdaten zu Flächennutzung, Bevölkerung, Arbeitsplätzen etc. in den einzelnen Verkehrszellen; die Erzeugung betrifft dabei „nur“ die Schweizer Verkehrszellen.

Aus den Strukturdaten wird mit Produktivitätskennwerten, die auf die Strukturgrößen bezogen sind, der Quell- und Zielverkehr für insgesamt 118 Gutarten berechnet. Damit ist das Modell als disaggregiert zu charakterisieren. Die Produktivitätskennwerte wurden der einschlägigen Literatur entnommen oder von den Erstellern des Verkehrsmodells abgeschätzt.

Ein detailliertes **Prognosemodul** ist im NGVM nicht vorhanden, es können aber die Volumina einzelner Gutarten in einer Eingabemaske reduziert oder vergrößert werden. Die Veränderung führt zu einer gleichartigen prozentualen Nachfrageänderungen in allen Verkehrszellen und damit auch bei allen Quell-Ziel-Beziehungen. Durch weitergehende Anpassung der Strukturdaten sowie der einzelnen Produktivitätskennwerte entsprechend der erwarteten Entwicklung können prinzipiell auch differenziertere Prognoseszenarien erzeugt werden.

#### Einschätzung

Das Verkehrserzeugungsmodell des NGVM arbeitet mit einer Nachfragedifferenzierung auf Basis von Gutarten. Hierbei wird unterstellt, dass die Transportanforderungen innerhalb einer Gutart homogen sind. Da jedoch in einer Gütergruppe dasselbe Gut in unterschiedlichen Verarbeitungsstufen und Verpackungseinheiten auftreten kann, ist fraglich, ob hier immer von identischen Transportanforderungen ausgegangen werden kann. Da das NGVM bei den Gutarten auf einer sehr detaillierten Ebene arbeitet, ist dieser Fehler jedoch klein im Vergleich zu anderen (eher aggregierten) Verkehrsmodellen, die im Allgemeinen nach deutlich weniger Gutarten differenzieren (bspw. nur nach den NST-Abteilungen, wovon ein Teil wiederum in der „black box“ der Sammelgüter verschwindet). Mit dieser sehr detaillierten Modellierung ist prinzipiell auch eine detailliertere Betrachtung einzelner Szenarien – zum Beispiel zur Verlagerungspolitik – möglich.

Diese Disaggregation erleichtert grundsätzlich eine Kalibrierung des Modells, da eine Vielzahl von Parametern eine Anpassung der Nachfragematrizen an Zählzeiten etc. einfacher gestaltet. Andererseits ist damit immer das Risiko verbunden, dass im Rahmen der Kalibration zwar die gewünschten Globalwerte erreicht werden, gleichzeitig aber im Detail sehr grosse Fehler bei Einzelwerten erzeugt werden. Parallel besteht die Gefahr, sehr leicht den Überblick darüber zu verlieren, welche Veränderungen im Modell durch die Kalibrierung erzeugt werden – eine Plausibilitätskontrolle ist dann nicht mehr möglich. Spätestens wenn aus der Gesamtmatrix Teilmatrizen für einzelne Gutarten oder regionale Ausschnitte entnommen werden sollen, ist diese Disaggregation problematisch, da durch die Kalibrierung bei einzelnen Feldern der Matrix deutliche Verschiebungen erzeugt werden. Hierbei sind insbesondere

Felder in der Matrix problematisch, bei denen die Verkehrsnachfrage sehr stark von einzelnen Gutarten determiniert wird, da hier kein Ausgleich über gegenläufige Anpassungen für verschiedene Gutarten erfolgen kann.

Die Ableitung der Nachfragedaten aus sehr *differenzierten* Transportintensitäten für Strukturdaten schränkt die Prognosefähigkeit des Modells sehr stark ein, da in diesem Fall Prognosefehler an zwei Stellen auftreten können. Zum einen entstehen Prognosefehler bei der Prognose der Strukturdaten für die einzelnen Verkehrszellen, zum anderen müssen zusätzlich die Transportintensitäten sehr detailliert prognostiziert werden. Dieser Fehler ist umso grösser, je weniger Gutarten die Nachfrage in einer Verkehrszelle determinieren.

### Verkehrsverteilung

Die Verkehrsverteilung erfolgt mit Hilfe eines klassischen **Gravitationsmodells**. Der Widerstand wurde ausschliesslich durch die (niedrigste) Lkw-Fahrtzeit im unbelasteten Strassennetz als Widerstandswert abgeleitet; die in VISEVA implementierte Nutzenfunktion bezieht sich somit ausschliesslich auf diese monomodale Zeitfunktion.

Es werden ausschliesslich Schweizer Binnenverkehre verteilt; grenzquerende Relationen sind nicht Bestandteil des Modells und werden aus ex-Post-Statistiken dazugespielt.

#### Einschätzung

Der Gravitationsansatz bei der Verkehrsverteilung ist derzeit eine weit verbreitete Standardlösung im Bereich der Güterverkehrsmodellierung. Allerdings bilden Gravitationsmodelle die Entscheidungshintergründe im Güterverkehr nur unzureichend ab, da die Verkehrsbeziehungen ausschliesslich auf Grundlage von Strukturgrössen und Entfernungen resp. Transportzeiten ermittelt werden.

Dabei aber bleiben strategische Überlegungen der Marktakteure vollkommen unbeachtet. Häufig werden Lieferbeziehungen aufgrund von strategischen Überlegungen begründet – ein Unternehmen bezieht bspw. eine Ware nur von einem Lieferanten, unabhängig von der Entfernung der einzelnen Produktionsstätten voneinander. Dieser Effekt wird bei vielen Waren durch den geringen Anteil der Transportkosten am Wert der beschafften Ware verstärkt. Da derzeit auf dieser Aggregationsebene keine besseren Modelle für den Güterverkehr verfügbar sind, ist hier die weitere Verwendung dieses Modellansatzes erforderlich. Allerdings ist kritisch zu verfolgen, ob bis zu einer Modellrevision keine anderen Modellansätze einsatzreif sind.

Die fehlende Verteilung der Import-Export- und Transit-Verkehre führt dazu, dass ein grosser Teil der die Schweiz betreffenden Güterströme nicht modelliert werden. Insbesondere bei Fragestellungen wie Terminalstrategie, Verlagerungspolitik, Standorte zur Zollabfertigung, Sanierung GST etc., die zum überwiegenden Teil diese Güterströme beinhalten, ist das Modell damit nicht oder nur sehr eingeschränkt anwendbar.

### Verkehrsmittelwahl

Die Verkehrsmittelwahl erfolgt mit Hilfe eines multimodalen Bestwegmodells, das insgesamt die Strukturen von 19 **logistischen Systemen** abbildet. Darin enthalten ist eine Modellierung des Sammelns und Verteilens der Güter auf vorher definierte Konsolidierungsplattformen. Transportketten werden so – je nach Gutart – in Sammel-, Transport- und Verteilabschnitte gegliedert.

Die Gütertransportnetze der Schweiz sind in einem Knoten-Kanten-Modell abgebildet. Die Kanten werden mit den Transportkosten bewertet. Grundlage für die Kostenermittlung sind die Produktionskosten für Anbieter von Transportleistungen. Als zusätzliche Kostenkomponente für

die Bestwugsuche werden die Transportzeiten über gutartenspezifische Zeitkostensätze in Zeitkosten umgerechnet.

Um parallel existierende unterschiedliche Netze im Strassentransport abzubilden, erfolgt die Modellierung des Strassengütertransportnetzes in drei Teilnetzen mit unterschiedlichen Bewertungen der Zeitkosten und der Transportkosten. So können Transportnetze für eilige und für wenig zeitkritische Gutarten abgebildet werden. Gleichzeitig sind damit Vor- und Nachlauftransporte in Verbindung mit (multimodalen) Hauptläufen abbildbar.

Als weiteres Transportnetz wird das Schienengüterverkehrsnetz abgebildet. Zur Modellierung kombinierter Verkehre sind die Transportnetze an den Umschlagpunkten des Kombinierten Verkehrs über zusätzliche Kanten miteinander verknüpft. Diese Kanten sind ebenfalls mit Umschlagskosten und Zeitkosten bewertet.

Die Abbildung der Verkehrsmittelwahl erfolgt für jede Quell-Ziel-Verbindung und für jede Gutart über eine Bestwugsuche im Netzgraph. Als Ergebnis wird die Gesamtmenge der beförderten Güter jeweils auf den Bestweg und damit auf *eine* Verkehrsmittel oder *eine* Verkehrsmittelkombination umgelegt.

#### Einschätzung

Das Verkehrsmittelwahlmodell auf Grundlage eines multimodalen Netzwerks ist ebenfalls eine weit verbreitete Standardlösung. Allerdings ist hier der Ansatz des kostenoptimalen Weges aus Sicht der Transportanbieter problematisch, da die Transportentscheidungen auf der Ebene der Nutzer gefällt werden.

Im Güterverkehr ist jedoch zu beachten, dass die Abbildung der Kosten für die Nutzer (in Form der Transportpreise) deutlich schwieriger ist als in der Personenverkehrsmodellierung. Im Personenverkehr können Nutzerkosten im ÖV bspw. über definierte Tarife des öffentlichen Verkehrs ermittelt werden. Im Güterverkehr werden die Nutzerkosten zwischen Anbietern und Nachfragern frei ausgehandelt und sind nicht öffentlich verfügbar. Eine Abschätzung ist schon für Marktteilnehmer nicht einfach, da die Preise von einer Vielzahl von Faktoren wie Rücklademöglichkeit, allgemeine Marktsituation, Leerfahrtenversorgung abhängig sind.

Trotz dieser Vorbehalte ist festzuhalten, dass die Umsetzung der Verkehrsmittelwahl im NGVM durch Einbezug der logistischen Systeme als durchaus angemessen einzustufen ist. Die Alternative in Form von Nutzenfunktionen, welche durch stated preference-Befragungen parametrisiert werden, ist im Güterverkehr nicht zwingend als besser zu bezeichnen. Es fehlen schlicht die entsprechenden Informationen; dazu kommt die im Güterverkehr deutlich stärkere „Verästelung“ (Nester) der zur Auswahl stehenden Möglichkeiten resp. deren Bewertungskriterien.

Im Gegensatz dazu sind die entweder-oder-Zuteilungen resp. die wenigen Aufteilungen sachlogisch sehr gut nachvollziehbar und ggf. aktuellen oder (ggf. mit Befragungen abgerufenen) erwarteten Entwicklungen anpassbar. Gleichzeitig wird damit die Möglichkeit eröffnet, inter- und intramodale Transportketten abbilden zu können.

### Routenwahlmodell

Ein explizites **Routenwahlmodell** ist nicht vorhanden. Implizit sind aber routingfähige Netzgraphen Bestandteil des NGVM, auf deren Basis die Verkehrsmittelwahl erfolgt (siehe oben).

#### Einschätzung

Auch wenn ein Routenwahlmodell derzeit nicht explizit vorhanden ist, liesse sich allenfalls die Routenwahl aus dem bestehenden Verkehrsmittelwahlmodell zumindest für den Strassengüterverkehr weiterentwickeln. Hierbei wären allenfalls in einer nächsten Stufe im Güterverkehrsmodell die Wechselwirkungen zwischen Personen- und Güterverkehr zu berücksichtigen, um entsprechende Reisezeitverlängerungen und damit verbundene Mehrkosten im Güterverkehrsmodell zu berücksichtigen.

Für den Schienengüterverkehr wird die Routenwahl zumindest im Einzelwagenverkehr durch das Produktionssystem determiniert, so dass hier ein Modell erforderlich ist, das auch das Produktionssystem<sup>13</sup> abbilden kann. Hinzu kommt auch hier die Integration der Trassenverfügbarkeit in den Routingalgorithmus.

<sup>13</sup> Das Produktionssystem umfasst die Zuordnung der Bedienpunkte zu regionalen Cargo-Bahnhöfen und Rangierbahnhöfen in einem hierarchischen System. Im Einzelwagenverkehr erfolgt die Zugbildung und damit das Routing der Wagen aufgrund dieser produktionsellen Vorgaben.

### 4.3. MODELLE (KOMMERZIELLE ANWENDUNGEN)

Die Untersuchung der kommerziellen Modellanwendungen in anderen Ländern zeigt, dass für die **Verkehrserzeugungsmodelle** sowie die **Verkehrsverteilungsmodelle** individuelle Lösungen für den jeweiligen Anwendungsfall entwickelt worden sind. Hier sind keine kommerziellen Produkte am Markt vorhanden, so dass entsprechende Produktbeschreibungen nicht möglich sind. Für die nachgelagerten Modellstufen zur **Verkehrsmittelwahl** und zur **Routenwahl** sind Standard-Produkte am Markt erhältlich.

In der Konsequenz dieser „Zweiteilung“ des inkrementellen Modellgedankens über die vier Modellstufen haben einzelne Länder unterschiedliche Lösungen im Rahmen ihrer nationalen Güterverkehrsmodellierung umgesetzt. Vor der Beschreibung der kommerziellen Software zur Modellierung von Verkehrsmittel- und Routenwahl erfolgt eine kurze Übersicht zu diesen nationalen Gesamtlösungen.

#### 4.3.1. NATIONALE GÜTERVERKEHRSMODELLE

Bei der Beschreibung von nationalen Güterverkehrsmodellen werden vor allem die Verkehrsmodelle auf nationaler Ebene im **europäischen Ausland** betrachtet. Dieses sind die Verkehrsmodelle in Deutschland, Österreich, Belgien und Schweden/Norwegen. Ausserdem wird das europäische Verkehrsmodell Transtools einbezogen.

Modellkomponente		Modell				
		Deutschland	Österreich	Schweden/Norwegen	Belgien	EU (Transtools)
Verkehrserzeugung		Regressionsmodell	MultiREG	Input-Output	Raumgleichgewichtsmodell	Input-Output + Regressionsmodell
Verkehrsverteilung		Gravitationsmodell (VISUM/WISEVA)	Gravitationsmodell	Input-Output	Raumgleichgewichtsmodell	Gravitationsmodell
Verkehrsmittelwahl		multimodales Netz (VISUM)	Zeitreihen-Analyse	STAN	Logit-Modell (NODUS)	Probit-Modell
Routenwahl	Strasse	VISUM	VISUM	STAN	NODUS	(zeit-)kürzester Weg + Logistikmodul
	Bahn	MOSES WIZUG	NEMO	STAN	NODUS	(zeit-)kürzester Weg + Logistikmodul

	Sonderlösung für das jeweilige Modell
	Kommerzielle Software

**Tabelle 10** Modellanwendungen und verwendete Methoden bzw, Software

## Deutschland

In der Verkehrsprognose 2025 wird die **Verkehrserzeugung**, ähnlich wie im NGVM der Schweiz, mit Hilfe einer Regression über die verkehrserzeugende Wirkung unterschiedlicher Strukturdaten ermittelt. Anschliessend erfolgt eine Hochrechnung der Verkehrsmengen auf Basis dieser Regressionen. Ergebnis ist eine Verkehrsmatrix mit 423 Verkehrszellen im Inland sowie 172 Verkehrszellen im Ausland. Bei der Transportstruktur wird differenziert in 10 Gutarten (entsprechend NST/R). Getrennt ausgewiesen werden die Mengen im Seehafenhinterlandverkehr. Insgesamt ist damit das deutsche Modell wesentlich weniger differenziert als das NGVM.

Für die **Verkehrsverteilung** wurde ein Gravitationsmodell verwendet. Die **Verkehrsmittelwahl** wurde mit einem multimodalen Netzwerkmodell abgebildet. Die **Routenwahl** im Strassenverkehr erfolgte als Bestwegumlegung mit dem Programm VISUM, für die **Routenwahl** im Schienengüterverkehr wurde das Programm WIZUG/MOSES eingesetzt.

Über die derzeit in Arbeit befindliche Verkehrsprognose 2030 sind nur begrenzt Informationen erhältlich. Den bisher veröffentlichten Unterlagen ist allerdings zu entnehmen, dass sowohl hinsichtlich bei der Verkehrserzeugungsmodellierung mit Hilfe eines Regressionsmodells als hinsichtlich der Verkehrsmittelwahl-Modellierung über ein multimodales Netzwerk keine grundsätzlichen methodischen Änderungen vorgenommen werden; hinsichtlich der Verkehrsverteilung liegen keine neuen Informationen vor.

## Schweden/Norwegen

Das Schwedische Güterverkehrsmodell (SAMGODS) und das Norwegische Güterverkehrsmodell („Network model for freight transport within Norway and between Norway and other countries“, kurz: NEMO<sup>14</sup>) basieren auf denselben Grundlagen und können daher hier gemeinsam behandelt werden. Grundlage für die Ermittlung der **Verkehrserzeugung** ist ein Wirtschaftsmodell, aus dem sektorale Produktions- sowie Import- und Exportmengen ermittelt werden. Diese werden in einem Handelsmodell zu Quell-Ziel-Matrizen für die **Verkehrsverteilung** differenziert.

Die **Verkehrsmittelwahl** und **Routenwahl** wird mit dem kommerziellen Programm STAN modelliert. Als Weiterentwicklung wurde dem schwedischen Modell im Jahr 2010 ein Logistikmodul hinzugefügt, aus dem die Verkehrsverteilung über die Modellierung produktionseller und logistischer Abhängigkeiten ermittelt wird.

<sup>14</sup> hier besteht Verwechslungsgefahr zur kommerziellen Software der IVE Hannover und deren „Netzevaluationsmodell“, ebenfalls mit dem Kurztitel NEMO versehen.

## Österreich

Grundlage für die Ermittlung der **Verkehrserzeugung** im Import-, Export- und Binnenverkehr ist die Prognose der wirtschaftlichen Entwicklung mit Hilfe des Wirtschaftsmodells MultiREG<sup>15</sup>. Aus der wirtschaftlichen und strukturellen Entwicklung wurde dann die Entwicklung der Gesamttonnage im Güterverkehr differenziert nach 14 Gütergruppen für den Binnenverkehr und 9 Gütergruppen für den bilateralen Verkehr (Import, Export und Transit) abgeleitet. Der nächste Schritt ist dann die Aufteilung der Gesamttransportmenge auf insgesamt 99 Bezirke auf Grundlage der Strukturprognosen in MultiREG. Die Verflechtungsmatrix im **Zielwahlmodell** wurde mit Hilfe eines Gravitationsmodells erstellt.

Die **Verkehrsmittelwahl** wurde für jede Gütergruppe getrennt mit Hilfe von Zeitreiheninformationen geschätzt. Die **Routenwahlmodellierung** erfolgte für den Strassengüterverkehr mit dem Programm VISUM, für den Schienengüterverkehr kam das Programm NEMO zum Einsatz.

## Belgien

Im Rahmen des Projektes LIMOBEL (Long-run impacts of policy packages on mobility in Belgium) wurde ein integriertes Modell für den Personen- und Güterverkehr erstellt. Das Gesamtmodell besteht aus drei Teilen: Das erste Modell mit Namen PLANET deckt den Bereich der **Verkehrserzeugung und -verteilung** ab. Grundlage für die Nachfrageermittlung ist ein Wirtschaftsmodell, aus dessen makroökonomischen Daten mit einem Raumgleichgewichtsmodell die Verkehrsverflechtungen ermittelt werden.

Die **Verkehrsmittelwahl und Routenwahl** im Güterverkehr wurde im zweiten Modellteil mit der Software NODUS abgebildet. Ein dritter Modellteil ist die Wirkungsanalyse im Hinblick auf Schadstoff- und CO<sub>2</sub>-Emissionen. Dieser wurde speziell für LIMOBEL programmiert.

## Europäische Union

Die Europäische Union hat ein Konsortium aus Beratungsunternehmen und Universitätsinstituten beauftragt, ein Verkehrsmodell zu entwickeln, um die Wirkungen politischer Massnahmen und von Infrastrukturausbauten auf die Verkehrsmengen und die Verkehrsverflechtungen sowie die Verkehrsmittelwahl im europäischen Personen- und Güterverkehr abzubilden. Ergebnis der Entwicklung war das Programmpaket Transtools. Dieses kann einschliesslich des Basismodells kostenfrei bei der Europäischen Union bezogen werden. Aufgrund der bei Modellierung vorhandenen Mängel wird derzeit ein Release des Programms unter dem Titel TransTools 3 entwickelt.

<sup>15</sup> MultiREG ist ein Wirtschaftsmodell, das an der Grenze zwischen ökonomischen und Input-Output-Modellen angesiedelt ist.



### 4.3.2. KOMMERZIELLE SOFTWARE

Kommerzielle Software lässt sich differenzieren in Programmpakete,

- › Komplettsysteme, die alle vier der vorgenannten Modellierungsstufen abbilden können,
- › Software für Spezialanwendungen, die nur eine oder zwei Modellstufen abbilden können.

Zu den Produkten, die **alle vier Modellstufen** abbilden können, gehören u.a. die Programme VISUM, STAN (EMME), CUBE, TransCAD, Transtools. Diese Programme haben überwiegend sehr gute Routenwahlmodelle für den Strassen(güter)verkehr und daraus abgeleitet auch Verkehrsmittelwahlmodelle auf Basis multimodaler Netzwerke integriert; i.d.R. besitzen diese Programme ihren Ursprung in der Personenverkehrsmodellierung. Die Verkehrsverteilung der Nachfragemengen wird im Güterverkehr überwiegend durch ein Gravitationsmodell abgeleitet. Schwächen bestehen – immer im Rahmen des Güterverkehrs – vor allem in der Nachfragemodellierung; in der Routenwahlmodellierung des Schienengüterverkehrs bestehen ebenfalls Defizite.

Ergänzend gibt es Programme zur Abdeckung **spezifischer Modellbedürfnisse** vor allem in der Routenwahlmodellierung auf der Schiene oder Strasse. Hier seien stellvertretend die Produkte WIZUG/MOSES, NEMO und TCI Regiotrans/Intertrans genannt.

Modellkomponente		Komplettsysteme					Software für Spezialanwendungen		
		VISUM	EMME/STAN	CUBE Cargo	NODUS	TRANSTOOLS	WIZUG/MOSES	NEMO	TCI Regiotrans Intertrans
Verkehrserzeugung		X	X	X		X		(X)	
Verkehrsverteilung		X	X	X		X		(X)	
Verkehrsmittelwahl		X	X	X	X	X			
Routenwahl	Strasse	X	X	X	X	X		X	
	Bahn	(X)	(X)	X	(X)	(X)	X	X	

X      Kernfunktion des Programms  
(X)    begrenzt möglich

**Tabelle 11** Übersicht über die Einsatzbereich kommerzieller Softwareprodukte

#### Komplettsysteme / Programmpakete

**VISUM** (Verkehr in Städten, Umlegungsmodell) ist eine, ursprünglich für den Personenverkehr entwickelte, Standard-Verkehrsplanungssoftware der ptv AG aus Karlsruhe. Vorerst als reine Umlegungssoftware<sup>16</sup> konzipiert, sind inzwischen – mit Blick auf den Güterverkehr – mit VISEVA ein ergänzendes Modul zur Verkehrserzeugung und Verkehrsverteilung sowie mit EVA-W ein Modell zur Fahrtkettenmodellierung im Wirtschaftsverkehr integriert worden.

<sup>16</sup> Das Erzeugungs- und Verteilungsmodell wurde in einem getrennten Programm VISEM vertrieben.

*VISEVA* wurde ursprünglich zur Modellierung der Nachfrage im Personenverkehr erstellt und baut daher auf entsprechenden Modellen im Personenverkehr auf. Die Erzeugung von Nachfragemengen im Güterverkehr in den Verkehrszellen wird über ein Regressionsmodell bzw. ein Transportintensitäten-Modell aufgrund der in diesen Zellen vorhandenen Strukturdaten ermittelt. Die Verkehrsverteilung erfolgt im Rahmen der Güterverkehrsmodellierung auf Grundlage eines Gravitationsmodells.<sup>17</sup> Entsprechend der Herkunft dieser Modellkomponente aus dem Personenverkehr können logistische Abläufe etc. nur indirekt modelliert werden.

*EVA-W* ist ein Fahrtenkettenmodell, das aus nach Branchen differenzierten Nachfragedaten, Fahrzeugdaten etc. unter Berücksichtigung der Verkehrsnetzstruktur Fahrtenketten erzeugt. Es handelt sich damit um eine Kombination von Logistikmodell, Verkehrsmittelwahlmodell und Routenwahlmodell.

Das *Umlegungsmodul* ist primär für die Routenwahl in Verkehrsnetzen konzipiert worden, kann aber im Rahmen multimodaler Netzwerke auch für die Verkehrsmittelwahl verwendet werden. Das Programm basiert auf der Darstellung der Verkehrsnetze in einem Knoten-Kanten-Graphen. Die Nachfragematrix wird in das Verkehrsnetz über Verkehrszellen eingespeist, die an einen oder mehrere Knoten angebunden werden können. Die Routensuche im Netz erfolgt im Rahmen der Güterverkehrsmodellierung auf dem kürzesten Wege, dabei kann das Kriterium für die Routensuche frei vorgegeben werden.<sup>18</sup> Der Zusammenhang zwischen Belastungen einer Kante und den verwendeten Routenoptimierungsgrößen kann in weiten Grenzen frei vorgegeben werden.

Für die Güterverkehrsmodellierung hinderlich ist die durch den kürzeste-Wege-Algorithmus vorgegebene, fehlende Abbildbarkeit von Produktionssystemen im Strassen- und Schienengüterverkehr. So können Konsolidierungspunkte wie Verteilzentren im Strassengüterverkehr oder Rangierbahnhöfe im Schienenverkehr nicht berücksichtigt werden. Weiterhin fehlt im Strassenverkehr eine zeitliche Komponente, die es ermöglicht, die Nachfrage und die Belastungen im Tagesverlauf darzustellen, um so die Belastungen im Netz zu bestimmten Tageszeiten zu ermitteln. Die im Modell mögliche Überlagerung von Tageswerten mit Tagesganglinien ist hier nicht zielführend, da sie keine Berücksichtigung der Reisezeiten im Netz und die dadurch entstehende Zeitverschiebung bei den konkreten Streckenbelastungen ermöglicht. Allenfalls wäre der Einbezug des öV-Moduls von VISUM eine Option, diese Dinge verbessert abzubilden, da das öV-Modul die Fahrgäste mit einer expliziten Wunschabfahrtszeit modelliert und man einzelne Wa-

<sup>17</sup> Dies ist nicht zu verwechseln mit den für den Personenverkehr eingesetzten Methoden im Rahmen *VISEVA*, welches ein deutlich breiteres Spektrum an Methoden abdeckt.

<sup>18</sup> Z.B. Kosten, Entfernungen, Reisezeiten.

gen im Güterverkehr entsprechend den Fahrgästen im öV modellieren könnte. Eine derartige Anwendung des öV-Moduls liess sich aber in der Praxis nicht finden.

**EMME/STAN** (Strategic planning of national and regional freight transportation) ist eine von der Konzeption her zu VISUM sehr ähnliche Softwareanwendung des kanadischen Softwarehauses INRO und stellt das Güterverkehrsmodul zu EMME dar. EMME ist eine Standard-Verkehrsplanungssoftware analog zu VISUM und wurde ebenfalls ursprünglich für den Personenverkehr entwickelt. STAN ist ein multimodales Netzwerkmodell, das die Routenwahl auf dem kostenoptimalen Weg durchführt. Dabei kann die Kostenfunktion in weiten Grenzen frei definiert werden.

**CUBE Cargo** ist Bestandteil des Cube-Software-Pakets von Citylabs. Das gesamte Software-Paket CUBE ist eine Verkehrsplanungssoftware auf ArcGIS-Basis. Das Güterverkehrsmodul CUBE Cargo besteht aus insgesamt sieben Teilmodellen. Das Verkehrserzeugungsmodell ermöglicht mit Hilfe eines multivariaten linearen Regressionsmodells die Prognose von Verkehrsmengenentwicklungen. Dabei werden sowohl Differenzierungen nach Gutarten als auch regional in Verkehrszellen möglich. Das Verkehrsverteilungsmodell differenziert nach Kurzstrecken- und Langstreckentransporten und ermittelt für beide Transportgruppen differenziert nach Gutarten die Verkehrsverteilung mit Hilfe eines Gravitationsmodells. Die Verkehrsmittelwahl erfolgt mit einem multinomialen Logit-Modell. Kurzstreckenverkehre werden automatisch als Strassentransporte angenommen. Die Verkehrsmittelwahl bei Langstreckenverkehren wird abhängig von Transportzeit, Transportdistanz und Kosten der einzelnen Verkehrsträger ermittelt. Das Routenwahlmodell besteht aus insgesamt vier Teilmodellen: 1. einem Logistikmodell, das Transportketten abhängig von der Transportstruktur in Teiltransporte zerlegt; dieses Modell arbeitet auf der Basis der Gutart und des Verkehrsmittels. 2. einem Feinverteilungsmodell, das auf Basis des einzelnen Fahrzeugs arbeitet. 3. einem Fahrzeugmodell, das abhängig von der Zuladung die Fahrzeugumläufe und -beladung optimiert. Und schliesslich 4. einem Service-Verkehrs-Modell, das die nicht unmittelbar einem Transport zuzuordnenden Fahrzeugbewegungen modelliert.

**NODUS** ist ein an der Universität Mons entwickeltes und später an der Universität Leuven weiterentwickeltes Programm zur Verkehrsmittelwahl- und Routenwahlmodellierung. Die Anwendung erfolgt unter anderem bei der Erstellung eines Güterverkehrsmodells für die Wallonie und bei der Erstellung eines weltweiten Containermodells. Die Verkehrsmittelwahl bei NODUS erfolgt auf Basis eines Logit-Wahlmodells. Die Routenwahl erfolgt auf dem Bestweg. Beide Modellkomponenten berücksichtigen Transportzeiten, Tarife und Transportanforderungen der Güter. Inwiefern das Programm frei erhältlich ist, ist aus den vorhandenen Quellen nicht ersichtlich.

**TRANSTOOLS** ist die Basis-Verkehrsmodellierungssoftware der Europäischen Union. Die Software ist kostenfrei und beinhaltet sowohl ein Nachfrage-, ein Verkehrsverteilungs-, ein Verkehrsmittelwahl- und ein Routenwahl-Modul

Grundlage für die Erstellung der Verkehrsnachfrage ist die Fortschreibung bestehender Transportmatrizen eines Basisjahres mit Hilfe eines ökonomischen Wachstumsmodells. Dabei wird bei den Gutarten in die 10 NST/R-Kapitel differenziert. Hierbei werden für die Verkehrsverteilung ebenfalls die bestehenden Verkehrsverflechtungen zunächst fortgeschrieben. In einem zweiten Schritt der Verkehrsverteilung werden dann allerdings die zukünftigen Verkehrsverflechtungen mit Hilfe eines Gravitationsmodells ermittelt, das die sektoralen Entwicklungen für 11 Wirtschafts- und Konsumsektoren in den einzelnen Regionen über entsprechende Faktoren im Modell berücksichtigt.

Das Modal-Split-Modell basiert auf einem Probit-Ansatz für die einzelnen Gutarten und Quell-Ziel-Beziehungen, das bei der Verkehrsaufteilung die Transportkosten sowie die Transportzeit berücksichtigt.

Das Routenwahlmodell berücksichtigt die logistischen Gegebenheiten und zerlegt die einzelnen Transportvorgänge in ihre Teilabschnitte. Transporte können damit direkte Quell-Ziel-Transporte sein oder ein Transport ist zusammengesetzt aus den Komponenten Quelle – Logistikcenter, Logistikcenter – Ziel und Logistikcenter – Logistikcenter. Für die Routenwahl werden nun die einzelnen Teilabschnitte auf dem Bestweg auf Basis eines Zeitkostenansatzes geroutet. Durch die Zweiteilung in ein Logistikmodul und ein nachgelagertes Routenwahlmodul können auch Umwege aus logistischen Gründen im Routenwahlmodell abgebildet werden.

### **Software für spezielle Fragestellungen**

**WIZUG/MOSES** ist ein Programmpaket zur strategischen Planung des Schienengüterverkehrs, welches von der BVU in Freiburg (Deutschland) entwickelt wurde. Grundlage ist ein Knoten-Kanten-Modell der physischen Infrastruktur, auf dem in einer weiteren Modellebene Produktionssysteme dargestellt werden können. Auf Grundlage von Nachfragematrizen können Wagenzahlen zwischen den Bahnhöfen ermittelt und als Wagenmatrizen abgebildet werden. Mit diesen Wagenmatrizen können Produktionssysteme erstellt und optimiert werden. Dabei wird eine zeitliche Verteilung der Nachfrage und auch der Verkehrsleistungen berücksichtigt. Weiterhin können Kapazitätsrestriktionen in den Knoten des Bahnnetzes berücksichtigt werden. Insgesamt ist WIZUG/MOSES eine ausgereifte Anwendung, die alle wichtigen Systeme des Schienengüterverkehrs einschliesslich der Produktionssysteme abbilden kann.

**NEMO** (Netzevaluationsmodell) ist ein Programmpaket zur strategischen Planung des Schienengüterverkehrs, welches von der IVE Hannover für die Österreichischen Bundesbahnen entwickelt worden ist. Grundlage ist ebenfalls ein Knoten-Kanten-Modell der physischen Infrastruktur, bei dem die Bewertung ausschliesslich auf den Kanten erfolgt. Diesem ist ein Modell der Produktionssysteme überlagert. Die Nachfrage wird in das Modell mit einer Nachfragematrix zwischen Verkehrszellen (Bedienpunkten) importiert. Die Nachfragematrix kann in Tonnen oder in Wagen eingefügt werden, wobei eine Tonnenmatrix vom Programm in Wagen umgerechnet wird. Die Wagen werden entsprechend dem vorgegebenen Produktionssystem im Produktionsnetz geroutet. Das Produktionsnetz ordnet hierarchisch jeden Bedienpunkt einem RCP<sup>19</sup>-Bahnhof und jeden RCP-Bahnhof einem Rangierbahnhof zu. Die Wagen werden dann zwischen Quell- und Ziel-Bedienpunkt über RCP-Bahnhof, Rangierbahnhof (ggf. einem weiteren Rangierbahnhof) und wiederum einen RCP-Bahnhof geroutet. Die Routen werden fest in den Stammdaten des Produktionssystems vorgegeben.

Dabei werden auf den einzelnen Kanten des Produktionssystems aus der Anzahl Wagen und den maximalen Zugparametern Züge gebildet. Diese Züge im Produktionssystem werden in einem zweiten Schritt auf dem kürzesten Weg im physischen Infrastrukturnetz geroutet. Die Routenberechnung erfolgt dabei auf einer sehr vereinfachten Ebene mit Hilfe von Streckenlängen und generalisierten Geschwindigkeiten je nach Zugtyp.

Eine zeitliche Differenzierung der Nachfrage und der Zugfahrten ist nicht vorgesehen, auch sind keine Kapazitätsbeschränkungen auf den Kanten vorhanden, so dass Konflikte bei Überlastung der Infrastruktur weder erkannt noch gelöst werden können. Durch das Fehlen von Knotenbewertungen werden Abbiegerstriktionen nicht im System erkannt und müssen manuell eingepflegt werden.

**TCI Regiotrans / TCI Intertrans** sind Programmsysteme des Consultingbüros TCI Röhling aus Freiburg (Deutschland). TCI Regiotrans erzeugt aus Strukturdaten oder aus Fahrtendaten Umläufe für regionale Anwendungen und legt diese auf ein Verkehrsnetz um. TCI Intertrans erzeugt aus grossräumigen statistischen Daten (z.B. von EUROSTAT) Verkehrsstrommatrizen für einzelne Verkehrsträger. Bei der Verkehrserzeugung und Verkehrsverteilung greifen beide Programme auf Ex-Post-Daten zurück. Eine Verkehrsmittelwahl erfolgt nicht, da diese bereits durch die Eingangsdaten vorgegeben wird. Die Routenwahl erfolgt mit Hilfe einer Bestwegumlegung im Verkehrsnetz.

<sup>19</sup> RCP = regionale Cargo Produktion

#### 4.4. GEGENÜBERSTELLUNG DER METHODEN UND MODELLE ZUM BEDARF

Nachfolgend wird die Eignung der oben dargestellten Methoden und Modelle zum Einsatz im Rahmen einer nationalen Güterverkehrsmodellierung aufgezeigt. Zur Gliederung werden die Anwendungsbereiche gemäss Bedürfnisanalyse herangezogen. Eine detaillierte Gegenüberstellung mit den kommerziellen Softwarepaketen ist im Anhang enthalten (Tabelle 33).

##### **Anwendungsbereich 1: Treiber zum Güterverkehr**

Der erste Anwendungsbereich, um die Entwicklung der Treiber zum Güterverkehr sowie deren Auswirkungen auf die Verkehrsnachfrage zu ermitteln, bezieht sich v.a. auf die Modellstufen der Verkehrserzeugung und der Verkehrsverteilung. Der Grad der dazu erforderlichen Datendifferenzierung ist jedoch eher als gering einzustufen, womit disaggregierte Modelle hier weniger geeignet erscheinen. Mit Blick auf das bestehende NGVM bedeutet dies, dass ein Grossteil der übergeordneten Fragestellungen (u.a. die Perspektivarbeiten) nicht mit diesem Modell bearbeitet werden kann. Diese Einschätzung verstärkt sich, da in diesem Anwendungsbereich gemäss Bedürfnisanalyse v.a. zeitreihenbasierte Daten gefragt sind.

Damit verbleiben für diesen Anwendungsbereich Methoden, welche auf deutlich aggregierten Datenbasis operieren (eine Übersicht dazu gibt die untenstehende Tabelle 12). Theoretisch lassen sich zwar bei der Verkehrserzeugung mit allen dargestellten Methoden die Treiber zumindest mittelbar in die Modellierung einbeziehen, jedoch stellen die in der Bedürfnisanalyse genannten Treiber v.a. Eingangsgrössen für die Modellierung dar und sind nicht ein Ergebnis von Modellrechnungen. Die Auswirkungen der Treiber lassen sich aber in vielen Modellanwendungen über die Wirkungen entsprechender Variablen aus Raumstrukturen, Wirtschaft und Transportkosten abbilden.

<b>METHODEN ZUM ANWENDUNGSBEREICH 1 (TREIBER ZUM GÜTERVERKEHR)</b>	
<b>Methoden/Modelle</b>	<b>kurze Erörterung des Bezugs zum Anwendungsbereich</b>
Zeitreihen	› autonome oder aufeinander abgestimmte Fortschreibung von Treibern resp. den mit ihnen verbundenen Entwicklungen; allenfalls auch zur Fortschreibung von Anteilsstrukturen wie bspw. dem Modalsplit
Regressionsmodelle	› Abbildung eines funktionalen Zusammenhangs zwischen aggregierten Güterverkehrs- und Treiberdaten › in diesem Anwendungsbereich i.d.R. unter Verwendung der retrospektiv vorliegenden Jahresdaten, sinnvollerweise frühestens ab 1995 beginnend (Trendbruch 1989/90ff) › als erklärende Grössen bspw. Einwohner, Beschäftigte, BIP, Aussenhandel, sektorale oder regionale BWS
Treibermodelle und Transportintensitäten	› insb. zur Plausibilisierung der Ergebnisse von Regressionsmodellen durch Bezug der Güterverkehrsgrösse auf die erklärende Variable › allenfalls vereinfachend durch argumentativ gestützte Fortführung der retrospektiven Intensitäts-/Treiberverläufe

<b>METHODEN ZUM ANWENDUNGSBEREICH 1 (TREIBER ZUM GÜTERVERKEHR)</b>	
<b>Methoden/Modelle</b>	<b>kurze Erörterung des Bezugs zum Anwendungsbereich</b>
Input-Output	<ul style="list-style-type: none"> <li>› für (stark) aggregierte relationale Daten, bspw. auf Ebene Länder oder Grossregionen durch Übertragung der Matrix-Strukturen oder über entsprechend geeignete intensitätsbasierte Konversionen</li> <li>› eher zur Plausibilisierung allfällig modellierter Relationen (s. Gravitation)</li> </ul>
Gravitationsmodelle	<ul style="list-style-type: none"> <li>› als Alternative oder als rechnerischer „Entwurf“ zu Input-Output zur Bestimmung von (stark) aggregierten relationalen Daten</li> <li>› zur Attraktion sind hier v.a. aggregierte Daten aus dem Bereich der Sozioökonomie einzusetzen, welche die den Widerstand beschreibenden (inhaltlich kritischen) Hilfsgrössen (Zeiten/Entfernungen) „entschärfen“; bspw. Bevölkerung, sektorale und regionale BWS oder Beschäftigung</li> </ul>
Elastizitätenmodelle	<ul style="list-style-type: none"> <li>› zur Ableitung (stark aggregierter) modaler Entwicklungen</li> <li>› als Alternative oder zur Unterstützung von Zeitreihenbetrachtungen</li> </ul>

**Tabelle 12** Übersicht zu den infrage kommenden Methoden resp. Modelle für den Anwendungsbereich 1 (Treiber zum Güterverkehr)

Die Differenzierung der Nachfrage erfolgt bei den Treiber- und Regressionsmodellen nach Gutarten, eine Nachfragedifferenzierung nach Wirtschaftsbranchen ist eher im Rahmen von Input-Output-Modellen möglich.

Bei den Treiber- und Regressionsmodellen lassen sich Trendbrüche, die zu starken Veränderungen der Verkehrswirkungen struktureller Grössen führen, nur schwierig nachbilden, da bei diesen Modellen eine kontinuierliche Fortentwicklung der bestehenden Verkehrserzeugungen bestimmter struktureller Grössen hinterlegt sind. Die Veränderung der Verkehrswirkungen von strukturellen Grössen lässt sich nur schwierig prognostizieren.

Alle überwiegend qualitativ orientierten Fragestellungen rund um die Treiber der Güterverkehrsnachfrage lassen sich selbstredend nicht mit einem Modell abbilden.

### **Anwendungsbereich 2: Regulativ**

Auch wenn im Anwendungsbereich 2 der Fokus der Massnahmenwirkungen zum Teil bereits stärker auf räumliche, zeitliche oder strukturelle Besonderheiten abzielt, so ist doch der Grad der Datendifferenzierung immer noch als überwiegend aggregiert einzustufen. Damit gilt betreffend Eignung von Methoden und Modellen eine ähnliche Einschätzung wie zum Anwendungsbereich 1. In erster Linie sind die Modellstufen Verkehrserzeugung und -verteilung betroffen. Deutlich mehr als im Anwendungsbereich 1 sind hier jedoch auch Wirkungen hinsichtlich der Verkehrsmittelwahl Gegenstand der Fragestellungen; bei räumlich enger abgegrenzten Massnahmen oder bspw. Monitoring-Aufgaben ist auch die Routenwahl von Interesse.

Zumeist sind jedoch die Möglichkeiten zur Operationalisierung der regulativen Massnahmen (im Rahmen übergeordneter Fragestellungen) sehr begrenzt. Bereits hier muss mit Näherungen resp. stark aggregiertem Input gearbeitet werden. Damit schliessen sich wieder allzu disaggre-

gierte Modelle aus – zumindest wäre ihre (aufwändige) Anwendung der Fragestellung wenig angemessen. Davon betroffen ist auch das bestehende NGVM. Damit verbleiben auch hier die eher aggregiert arbeitenden Methoden – zur Interpretation der Resultate wird jedoch ein hohes Mass an methodischem und v.a. inhaltlichem (d.h. güterverkehrsbezogenem) know-how benötigt.

Der eher geringere Teil der Massnahmen mit stärkerem räumlichen, zeitlichen oder strukturellen Fokus erfordert dann jedoch bereits die Anwendung eines Verkehrsmodells auf den Stufen von Verkehrsmittel- und/oder Routenwahl. Um diese Nachfragewirkungen genau abbilden zu können, sind theoretisch sehr detaillierte Modellansätze für die Modellierung insb. auf Basis der Transportkosten erforderlich.

<b>METHODEN ZUM ANWENDUNGSBEREICH 2 (REGULATIV)</b>	
<b>Methoden/Modelle</b>	<b>kurze Erörterung des Bezugs zum Anwendungsbereich</b>
Regressionsmodelle	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Abbildung eines funktionalen Zusammenhangs zwischen aggregierten Güterverkehrs- und Daten zur Beschreibung regulativer Massnahmen</li> <li>› in diesem Anwendungsbereich i.d.R. unter Verwendung der retrospektiv vorliegenden Jahresdaten, sinnvollerweise frühestens ab 1995 beginnend (Trendbruch 1989/90ff)</li> <li>› als erklärende Grössen bspw. Kosten-Indices</li> </ul>
Treibermodelle und Transportintensitäten	<ul style="list-style-type: none"> <li>› insb. zur Plausibilisierung der Ergebnisse von Regressionsmodellen durch Bezug der Güterverkehrsgrösse auf die erklärende Variable</li> <li>› allenfalls vereinfachend durch argumentativ gestützte Fortführung der retrospektiven Intensitäts-/Treiberläufe</li> </ul>
Gravitationsmodelle	<ul style="list-style-type: none"> <li>› hilfsweise zur Variation von kostenbeschreibenden Kenngrössen resp. die zu ihrer Generalisierung eingesetzten Kenngrössen, welche die Widerstandsveränderung umschreiben (Fahrzeiten, Kosten, Qualitäten)</li> </ul>
Elastizitätenmodelle	<ul style="list-style-type: none"> <li>› zur Ableitung (stark aggregierter) modaler Entwicklungen</li> <li>› als Alternative oder zur Unterstützung von Zeitreihenbetrachtungen</li> </ul>
Logit-/Probit-Modelle	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Ableitung von Nutzen auf der Basis stark aggregierter (generalisierter), die Ziel-/Verkehrsmittel- und auch Routenwahl beschreibender Kenngrössen (Kosten, Zeiten, Infrastrukturzustände, Qualitäten)</li> <li>› für übergeordnete Fragestellungen auf der Basis von stark generalisierten Netzen resp. Datensätzen dazu</li> <li>› für spezifische Fragestellungen zur disaggregierten Modellierung von Wirkungen auf die Verkehrsmittel- und Routenwahl unter Rückkoppelung der Ergebnisse des Routenwahlmodells mit den Eingangsgrössen für die Verkehrsmittelwahl</li> </ul>
Multimodale Netzwerke	<ul style="list-style-type: none"> <li>› zur disaggregierten Modellierung ist der Einbezug eines Logistik-Modells zur Ermittlung der Wirkungen regulativer Massnahmen sinnvoll, da veränderte Fahrzeuggrössen, Netzzugangsbedingungen oder Nutzungsgebühren für Infrastrukturen von den Akteuren sehr schnell durch geänderte Logistikkonzepte kompensiert werden (z.B. Erhöhung der LSVA durch Optimierung der Leerfahrten)</li> </ul>

**Tabelle 13** Übersicht zu den infrage kommenden Methoden resp. Modelle für den Anwendungsbereich 2 (Regulativ)



### Anwendungsbereich 3: Energie und Umwelt

Der Anwendungsbereich 3 fokussiert bereits deutlich stärker als die beiden vorangegangenen Bereiche auf räumlich, zeitlich oder strukturell differenzierte Massnahmen. Zumeist dienen die verkehrlichen Wirkungen als Input für weitere Anwendungen resp. Modelle (bspw. Lärmkataster). Genügen diesen die Outputs der Verkehrsmodelle nicht, so behelfen sie sich zumeist mit eigenen Konversions- oder Disaggregationsvorschriften. Damit wird auch ersichtlich, dass aggregierte Methoden nicht von vornherein im Rahmen dieses Anwendungsbereichs ausgeschlossen sind – ihre Anwendung ist hier jedoch eher eingeschränkter Natur.

<b>METHODEN ZUM ANWENDUNGSBEREICH 3 (ENERGIE UND UMWELT)</b>	
<b>Methoden/Modelle</b>	<b>kurze Erörterung des Bezugs zum Anwendungsbereich</b>
Zeitreihen	<ul style="list-style-type: none"> <li>› für übergeordnete Fragestellungen (bspw. Perspektiven oder aggregierte Wirkungsanalysen)</li> <li>› autonome oder aufeinander abgestimmte Fortschreibung von verkehrlichen Entwicklungen und deren „Übertrag“ resp. Bezug zu energie-/umweltbezogenen Wirkungen</li> </ul>
Regressionsmodelle	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Abbildung eines funktionalen Zusammenhangs zwischen aggregierten Güterverkehrs- und Daten zur Beschreibung regulativer Massnahmen</li> <li>› Verfahren wie im Anwendungsbereich 1 und dann Bezug auf energie-/umweltbezogene Wirkungen</li> </ul>
Treibermodelle und Transportintensitäten	› wie im Anwendungsbereich 1
Logit-/Probit-Modelle	› wie im Anwendungsbereich 2
Multimodale Netzwerke	› wie im Anwendungsbereich 2
komplette Softwarepakete	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Verwendung der modalen Outputs (Wunschlinien und insb. Streckenbelastungen)</li> <li>› u.a. auch bestehendes NGVM geeignet</li> </ul>

**Tabelle 14** Übersicht zu den infrage kommenden Methoden resp. Modelle für den Anwendungsbereich 3 (Energie und Umwelt)

### Anwendungsbereich 4: Infrastrukturen

Der Anwendungsbereich 4 mit der Wirkungsabschätzung von infrastrukturellen Massnahmen bedarf disaggregierter Daten und dementsprechend den Einsatz disaggregierter Methoden resp. die sie umsetzenden Modelle. Die Erörterung der zur Verfügung stehenden Modelle resp. die vergleichbarer nationaler Güterverkehrsmodellierungen hat gezeigt, dass sich gegenüber dem bestehenden NGVM keine alternative Lösung aufdrängt, die signifikante Verbesserungen versprechen würde.

Der Schwerpunkt des Datenbedarfs liegt auf den Resultaten der Modellstufen von Verkehrsmittel- und insb. der Routenwahl. Faktisch werden Streckenbelastungen für die von den Massnahmen betroffenen Infrastrukturen erwartet, um sie dann allenfalls in nachgelagerten Methoden/Modellen weiteren Bewertungskenngrössen zugänglich zu machen (Kosten-Nutzen, Emissionen und Immissionen von Lärm, Luftschadstoffe etc.).

<b>METHODEN ZUM ANWENDUNGSBEREICH 4 (INFRASTRUKTUREN)</b>	
<b>Methoden/Modelle</b>	<b>kurze Erörterung des Bezugs zum Anwendungsbereich</b>
Logit-/Probit-Modelle	<ul style="list-style-type: none"> <li>› zur Ziel- und v.a. Verkehrsmittelwahl</li> <li>› mit den bestehenden Einschränkungen hinsichtlich der zur Verfügung stehenden beschreibenden Kenngrößen; Preisinformationen sind faktisch nicht vorhanden, also müssen via Kostenstrukturen und Fahrzeiten/Entfernungen entsprechende Generalisierungen vorgenommen werden</li> </ul>
Multimodale Netzwerke	<ul style="list-style-type: none"> <li>› zur Ziel-/Verkehrsmittel-/Routenwahl</li> <li>› Einschränkungen wie oben benannt</li> </ul>
komplette Softwarepakete	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Verwendung der modalen Outputs (Wunschlinien und insb. Streckenbelastungen)</li> <li>› u.a. auch bestehendes NGVM geeignet</li> </ul>
Spezialsoftware	<ul style="list-style-type: none"> <li>› NEMO zum Routing des Schienengüterverkehrs</li> </ul>

**Tabelle 15** Übersicht zu den infrage kommenden Methoden resp. Modelle für den Anwendungsbereich 4 (Infrastrukturen)

Um eine gesamtheitliche Sicht der Infrastrukturbelastungen und der daraus resultierenden Infrastrukturbedarfe, aber auch der Wirkungen von Infrastrukturausbauten zu erhalten ist eine Verknüpfung der Güterverkehrsmodellierung mit der Personenverkehrsmodellierung erforderlich. Im Strassenpersonenverkehr ist diese Verknüpfung mit der Anwendung von Standardsoftware möglich, da dort die Abläufe im Netz stochastisch modellierbar sind.

Im Schienengüterverkehr führt der diskrete und deterministische Charakter des Eisenbahnbetriebs zu ergänzenden Herausforderungen, die sich mit der heutigen Software noch nicht befriedigend abbilden lassen.

Mit Blick auf die Modellstufen der Verkehrserzeugung und -verteilung gilt dass bei der Erörterung der vergleichbaren nationalen Güterverkehrsmodelle Gesagte: Hier bedienen sich alle mehr oder weniger vereinfachter, aggregierter Methoden, welche zum Teil auf die Funktionalitäten der Softwarepakete zurückgreifen oder über eine Schnittstelle vorgelagerte Berechnungen einbinden.

## 4.5. ZWISCHENFAZIT

Quintessenz der Analyse des bestehenden NGVM und der sonstigen, heute vorhandenen Methoden und Modelle ist die Erkenntnis, dass sich derzeit kein besser geeignetes Modell aufdrängt, um das bestehende NGVM vollständig abzulösen. Faktisch sind die heutigen Methoden und Modelle auf Teilbereiche (d.h. auf einzelne Modellstufen) der Güterverkehrsmodellierung spezialisiert. *Das eine* Modell oder gar eine erwerbbar Applikation zur Lösung eines Grossteils der festgestellten Bedürfnisse „aus einer Hand“ ist nicht vorhanden.

### **Bestehendes NGVM**

Hinsichtlich der **Nachfrageerzeugung** ist beim vorhandenen NGVM mit dem disaggregierten Treibermodell ein Modellansatz gewählt worden, der vor allem bei der Kalibrierung des Modells Schwierigkeiten bereitet und insbesondere bei Fragestellungen, die nicht die Gesamtnachfragematrix betreffen zu grösseren Fehlern führt. Gleichzeitig ist die Prognosefähigkeit des Modells nur dann gegeben, wenn es eine aufwändige Fortschreibung der stark disaggregierten, erforderlichen Strukturdaten gäbe und die damit zusammenhängenden Transportintensitäten einzeln beurteilt werden könnten.

Das für die **Verkehrsverteilung** verwendete Gravitationsmodell ist mit Schwächen vor allem in der Abbildung der strategischen Entscheidungskomponenten im Güterverkehr behaftet. Gleichzeitig sind jedoch bislang keine besseren Modellansätze in der Praxis umgesetzt worden, so dass diese Modellkomponenten weiter verwendet werden muss.

Die **Verkehrsmittelwahl** mittels multimodaler Netzwerke ist auch für die Zukunft geeignet und kann für den Strassengüterverkehr als Grundlage für ein Routenwahlmodell genutzt werden. Hier wäre eine Verbesserung der Modellergebnisse möglich, wenn aus den Ergebnissen der Routenwahlmodelle im Strassen- und Schienengüterverkehr eine Rückkoppelung zu den Kostenmodulen des Verkehrsmittelwahlmodells erfolgen würde; diese Rückkoppelung würde allerdings die Rechendauer des Modells deutlich verlängern.

Für alle Modellstufen ist festzuhalten, dass diese „nur“ Transporte modellieren, die Binnenverkehrsströme der Schweiz darstellen. Grenzüberschreitende Relationen sind nicht Bestandteil des NGVM.

### **Methoden und Modelle für übergeordnete Entwicklungen**

Hierzu bieten sich eine Reihe von aggregierten Methoden an, die entsprechend des auch „nur“ aggregierten Datenbedarfs die Fragestellungen bearbeiten könnten. Das bestehende NGVM ist für solche Fragestellungen wenig bis kaum geeignet, da es weder Zeitreihenbetrachtungen unterstützt noch über die entsprechenden Aggregate verfügt. Auch wenn sich die im NGVM enthal-

tenen disaggregierten Ansätze datenbezogen aggregieren liessen, so fehlt es aber an entsprechenden Inputdaten zur Operationalisierung der mit den Fragestellungen verbundenen Massnahmen resp. Treiberentwicklungen. Darüber hinaus fehlen die (im Güterverkehr auf Schweizer Infrastrukturen durchaus relevanten) grenzüberschreitenden Ströme.

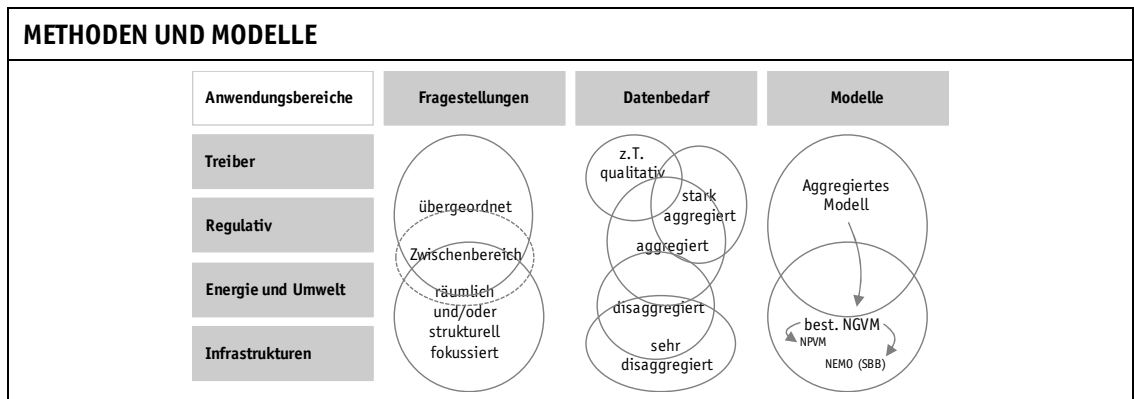
Dass aggregierte Methoden hier zielführend sein können, haben bspw. die in Deutschland und in Österreich verwendeten Regressions- und Treibermodelle mit wenigen Gutarten gezeigt. Insbesondere regulative Massnahmen, aber auch Entwicklungen auf die Treiber zum Güterverkehr – sowohl mit ausschliesslichem Bezug zur Schweiz wie auch für grenzüberschreitende Verkehre – lassen sich in derartigen Modellen gut abbilden.

Für das Problem der methodisch noch nicht gelösten Zielwahl gibt es keine adäquate Lösung im Rahmen von disaggregierten Modellen. Denkbar wäre allenfalls, anstelle der Transportkosten/-zeiten stärker auf Attraktionsvariablen zu setzen. Dabei bieten sich für disaggregierte Modelle wie Raumgleichgewichtsmodelle bspw. regionale oder branchenspezifische Wertschöpfungen an (der Ersatz dieser Grössen mit Beschäftigten wäre auch denkbar; zur Abbildung der erratischen Bautätigkeit könnte näherungsweise die Bevölkerungsverteilung verwendet werden). Diese Vorgehensweise bietet sich auch für (stark) aggregierte Modelle an. Im Rahmen der Treiber zum Güterverkehr wären vereinfachte Verteilungsmodelle, ggf. kalibriert an empirisch ermittelten Zuständen, denkbar. Dafür könnten zur Attraktion Variablen wie bspw. das regionale BIP oder aber auch die Bevölkerung(sveränderung) selber verwendet werden.

### **Methoden und Modelle zu (räumlich, strukturell) spezifischen Fragestellungen**

Für spezifische Fragestellungen mit räumlich, zeitlich oder strukturell stark fokussierten Massnahmen sind die im Rahmen der Verkehrsmittel- und Routenwahl „bewährten“ Softwarepakete mit ihren disaggregierten Methoden als noch am geeignetsten einzustufen. Dazu gehört auch das bestehende NGVM.

Die nachfolgende Figur 4 greift die Zusammenfassung der Bedürfnisanalyse hinsichtlich Fragestellungen und Datenbedarf auf und stellt den Bezug zu den dazu geeigneten, oben beschriebenen Modellen her.



**Figur 4** Schematische Darstellung der mit den Anwendungsbereichen verbundenen Fragestellungen, der damit erforderlichen der Datendifferenzierung und den dazu geeigneten Modellen

### Implikationen zur Strategieaufstellung

Die im Rahmen der Bedürfnisanalyse angeregte Unterscheidung hinsichtlich der Art der Fragestellungen lässt sich mit adäquaten Modellen umsetzen. Eine solche Strategie könnte entsprechend modularisiert aufgebaut sein:

- › Konzeption und Erstellung eines aggregierten Modells auf der Basis „gängiger“ Office-Systeme (bspw. Excel, Access; allenfalls ergänzt mit GIS-Schnittstellen),
- › Verwendung des bestehenden NGVM und Verknüpfung mit dem zu erstellenden aggregierten Modell.

## 5. DATEN

Im Rahmen der Modellierung werden verschiedene Formen von Daten benötigt. Generell lassen sich diese in **Daten mit direktem Bezug** und in **Daten mit indirektem Bezug** zum verkehrlichen Geschehen unterteilen. Erstere beinhalten verkehrliche Kenngrößen, letztere dienen der Erklärung von Transportvorgängen mit Kenngrößen ohne direkten Verkehrsbezug. Dazu kommen als dritte Kategorie **Daten mit Bezug zum Angebot** und zuletzt noch **Daten mit Bezug zum Verhalten**.

UNTERTEILUNG DER DATEN	
Datenbezug	Erläuterung
mit direktem Bezug zum Verkehr = Nachfragedaten	<ul style="list-style-type: none"> <li>› beinhalten verkehrliche Kenngrößen</li> <li>› i.d.R. in Form von Aufkommen oder Leistung für bspw. Tonnagen, Sendungen, Fahrzeuge oder Züge mit räumlichem, relationalem oder infrastrukturellem Bezug</li> <li>› zur Kalibration von Modellen</li> <li>› zur Aktualisierung von (Zeitreihen-basierten) Modellen</li> </ul>
mit indirektem Bezug zum Verkehr = Erzeugungsdaten	<ul style="list-style-type: none"> <li>› beinhalten erklärende Kenngrößen</li> <li>› i.d.R. als Strukturdaten aus Bereichen mit Wirkungszusammenhängen zum Güterverkehr (Landnutzung, Demografie, Volkswirtschaft)</li> <li>› zur Ableitung verkehrlicher Kenngrößen als Input von Modellen</li> </ul>
mit Bezug zum Angebot = Angebotsdaten	<ul style="list-style-type: none"> <li>› beinhalten angebotsbeschreibende Attribute</li> <li>› zur (zumeist abstrahierten) Abbildung des Angebots</li> <li>› i.d.R. aufwandsbezogene Daten wie bspw. Längen, Zeiten oder Kosten, aber auch Kapazitäten und Fähigkeiten für Transport und Umschlag</li> </ul>
mit Bezug zum Verhalten = Modellierungsdaten	<ul style="list-style-type: none"> <li>› beinhalten Daten zur Beschreibung von Verhaltensmustern</li> <li>› zur Formulierung resp. Kalibration von funktionalen Zusammenhängen in Modellen</li> <li>› i.d.R. extra erhobene oder aus vorhandenen Erhebungen extrahierte Daten zur Nachfrageerzeugung, zur Verkehrsmittel- und Routenwahl</li> </ul>

**Tabelle 16** Übersicht zur generellen Unterteilung der Daten im Rahmen einer nationalen Güterverkehrsmodellierung

Die oben angeführte Kategorisierung beinhaltet auch einen jeweils direkt zuordbaren Bezug zu den potenziellen Quellen der entsprechenden Daten. Während Nachfragedaten aus Verkehrsstatistiken stammen, sind Erzeugungsdaten einschlägigen sozioökonomischen Statistiken zuzuordnen. Zu den Angebotsdaten ist demgegenüber bereits eine inhomogenere Quellenlage festzustellen (Netzdaten, Unternehmensstatistiken, Preisstatistiken, Sekundärquellen), während Modell-Hilfsdaten explizit zur Aufstellung von Modellen zu erheben oder aufzubereiten sind.

Die Datenaufstellung fokussiert zwar auf die Sicht der Modelle, stellt aber nicht die mit den einzelnen Modellen verfügbaren Daten dar. Stattdessen gibt sie vielmehr einen generellen Überblick zu den für Modellierungen allenfalls zur Verfügung stehenden Daten.

## 5.1. NACHFRAGEDATEN

Nachfragedaten beschreiben verkehrliche Zustände. Sie besitzen Bezug zu allen Ebenen der Verkehrsmodellierung. Transport- und Verkehrsstatistiken stellen i.d.R. solche Nachfragedaten zur Verfügung – zumeist auf der Basis von stichprobenbasierten Erhebungen und Hochrechnungen. Mit Blick auf die Schweizer Güterverkehrsmodellierung sind die in der nachfolgenden Übersicht enthaltenen und im Anschluss detaillierter dargestellten Datenquellen relevant; die Reihenfolge der Aufzählung gibt – in gewissen Grenzen – die Relevanz der Quellen wieder.

RELEVANTE NACHFRAGEDATEN		
Quelle	Datensatz	Einordnung
BFS	Gütertransporterhebung (GTE)	<ul style="list-style-type: none"> <li>› gute Grundlage für Nachfrage und Zielwahl zum Strassengüterbinnenverkehr</li> <li>› ggf. 1:1-Input für Wunschlinien</li> </ul>
BFS	Erhebung grenzquerender Güterverkehr (GQGV)	<ul style="list-style-type: none"> <li>› gute Grundlage für Nachfrage und Zielwahl zum grenzüberschreitenden Strassengüterverkehr</li> <li>› ggf. 1:1-Input für Wunschlinien</li> </ul>
BAV	Erhebung alpenquerender Güterverkehr	<ul style="list-style-type: none"> <li>› gute Grundlage für Nachfrage, Zielwahl und Modalsplit zum Nord-Süd-Verkehr</li> <li>› ggf. 1:1-Input für Wunschlinien</li> </ul>
SBB	Wagenverlaufsdatei	<ul style="list-style-type: none"> <li>› sehr gute Grundlage für Nachfrage, Ziel- und Routenwahl zum Schienengüterverkehr auf der Basis von Bedienpunkten</li> <li>› ggf. 1:1-Input für Wunschlinien</li> </ul>
ASTRA	Strassenverkehrszählung (SASVZ)	› sehr gute Grundlage zur Kalibration der Routenwahl im Strassengüterverkehr
BFS	Gütertransportstatistik (GTS)	› gute Grundlage für zeitreihenbezogene Makro-Modelle im Strassengüterverkehr
BFS	Statistik des ÖV	› gute Grundlage für zeitreihenbezogene Makro-Modelle im Schienengüterverkehr
Eurostat	Aussenhandelsstatistiken (Comext)	› länderbezogene Güterströme als gute Grundlage zur grenzüberschreitenden Nachfrage und Zielwahl

**Tabelle 17** Übersicht zu den für eine nationale Güterverkehrsmodellierung relevantesten Daten und Quellen mit verkehrlichen Kenngrössen

Neben den oben aufgeführten Datenquellen sind weitere Nachfragedaten vorhanden, welche im Anschluss an die Erörterung der relevantesten Datenquellen ebenfalls kurz erläutert werden.

Nachfragedaten dienen in erster Linie der Kalibration von Modellen; allenfalls können sie direkt als Input einzelner Modellstufen verwendet werden. Naturgemäss besitzen Nachfragedaten aus statistischen Quellen retrospektiven Charakter – Prognosen liegen nicht vor.

### **BFS: Gütertransporterhebung (GTE)**

Die GTE bezieht sich auf den Strassengüterverkehr. Sie umfasst die Transporte mit schweren Nutzfahrzeugen, die in der Schweiz immatrikuliert sind. Implizit stellt sie damit schwergewich-

tig ein gutes Abbild zum Binnengüterverkehr auf der Strasse dar. Sie stellt Tonnagen als Wunschlinien dar; Fahr- und Verkehrsleistungen sind ableitbar. Die GTE wird jährlich und damit kontinuierlich erhoben (seit 2008, zuvor fünfjährlich); die GTS ist faktisch eine zeitreihenbasierte Version auf aggregierter Datenebene zur GTE (siehe dort). Circa 7% des Fahrzeugbestandes berichten ihren Wochenverkehr über sieben Tage hinweg, das BFS rechnet dann auf den Gesamtbestand und auf das Gesamtjahr hoch; je nach Disaggregationsstufe können die Vertrauensintervalle recht hoch ausfallen. Folgende, für Verkehrsmodellierungen relevante Differenzierungen sind in der GTE enthalten:

- › Fahrzeugtypen und entspr. Kenngrössen (Nutzlasten),
- › Warenarten (auf 20 NST-Abteilungen aggregierbar)<sup>20</sup>,
- › Frachtarten,
- › Räume nach NUTS-3 und PLZ.

Die GTE eignet sich zur umfassenden Analyse des Strassengüterverkehrs. Modale Nachfrage- und Zielwahlmodelle sind mit ihr gut kalibrierbar; im Zweifelsfall wäre die GTE auch als direkter Input für diese beiden Modellstufen auf modaler Ebene denkbar.

### **BFS: Erhebung zum grenzquerenden Güterverkehr (GQGV)**

Die Erhebung GQGV stellt das Gegenstück zur GTE dar, indem in ihr die Fahrten der im Ausland immatrikulierten schweren Nutzfahrzeuge erfasst und hochgerechnet werden. Im Gegensatz zur GTE wird kein wochenbezogenes Tagebuch erfasst, stattdessen finden aller fünf Jahre an Grenzübergängen Befragungen statt. Die Erhebung GQGV erfasst damit (die von ausländischen Transporteuren durchgeführten) Import-/ Export-Verkehre und Transitfahrten. Das erhobene Datenset ist identisch zur GTE (Fahrzeugtypen, Waren- und Frachtarten, räumlich: CH nach NUTS-3 resp. PLZ; Ausland: NUTS-3). Dieses Datenset wird mit ca. 30'000 Befragungen erhoben – damit werden ca. 0.5% aller grenzquerenden Fahrten des Schwerverkehrs erfasst. Die Hochrechnung erfolgt auf Basis der die Grundgesamtheit vollständig abbildenden Daten zur LSVA.

GTE und Erhebung GQGV geben damit zusammen ein vollständiges Bild des Strassengüterverkehrs mit Bezug zur Schweiz wieder. Damit eignet sich die Erhebung GQGV in Ergänzung zur GTE zur umfassenden Analyse des Strassengüterverkehrs. Nachfrage- und Zielwahlmodelle sind mit ihr gut kalibrierbar; zusammen mit der GTE wäre die Erhebung GQGV auch als direkter Input für diese beiden Modellstufen denkbar (nur teilmodal für die Strasse).

<sup>20</sup> Bei der Erfassung der Warenarten bekommen die Gruppen mit Sammelguttransporten resp. unbekanntem Waren eine immer höhere Bedeutung. Insofern sind nicht für alle Transporte die Informationen zu den tatsächlich beförderten Waren vorhanden.



### **BAV: Erhebung alpenquerender Güterverkehr (AQGV)**

Die Erhebung AQGV ist Bestandteil des im gesetzlich verankerten Verlagerungsziel vereinbarten Monitorings zur Verkehrsbeobachtung im Alpenraum. Sie ist bimodal angelegt (Strasse und Schiene). Die Erhebung findet fünfjährlich statt. Für den Strassengüterverkehr werden an den Alpenübergängen stichprobenbasierte Erhebungen durchgeführt, während für den Schienengüterverkehr die Gesamtjahresdaten bei den Bahnen abgerufen werden. Letzteres stellt somit für die Schiene eine Vollerhebung dar, zur Strasse erfolgen Hochrechnungen. Der Umfang des Datensets orientiert sich an GTE und Erhebung GQGV; ab 2014 wird die Erhebung GQGV erstmals koordiniert mit der Erhebung AQGV durchgeführt. Die Erhebung AQGV war bislang auch mit den benachbarten Alpenländern koordiniert, so dass entspr. Daten zum Nord-Süd-Verkehr nicht nur für die Schweizer Achsen, sondern für den gesamten Alpenraum zur Verfügung standen; die Weiterführung dieser Koordination ist im Rahmen der laufenden Erhebung vorerst nicht gesichert.

Die Erhebung AQGV eignet sich für spezifische Analysen zum alpenquerenden Verkehr und kann Modelle in den entspr. Räumen verbessern resp. die Kalibration an entspr. Stellen unterstützen. Faktisch aber sollten alle Informationen aus der Erhebung AQGV strassenseitig in der GTE und in der Erhebung GQGV enthalten sein; schienenseitig ist die Datenbasis identisch zur Datenbank der Infrastrukturbetreiberin (Wagenverlaufsdatei).

### **SBB Infrastruktur: Wagenverlaufsdatei**

Für den Schienengüterverkehr liegt mit der so genannten Wagenverlaufsdatei<sup>21</sup> im Gegensatz zum Strassengüterverkehr eine Vollerhebung zu allen Transportvorgängen vor. Darin fasst die Infrastrukturbetreiberin sämtliche Zugsbewegungen auf dem Schweizer Normalspurnetz zusammen. Grundlage sind die Meldungen der einzelnen Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU) resp. der Traktionäre. Das System ist äusserst komplex, es besitzt jedoch die Möglichkeit, Datensätze nach vordefinierten Gesichtspunkten zu extrahieren. Folgende, für Verkehrsmodellierungen relevante Differenzierungen sind demnach verfügbar:

- › Produktionsarten (EWLV, UKV, ROLA; resp. sonstige Trassenunterschiede),
- › Warenarten (NHM-Verzeichnis der Bahnen, aggregierbar nach NST)<sup>22</sup>,
- › Bahnhofsbezug im In- und Ausland,
- › Leitwege (Routing).

<sup>21</sup> Faktisch handelt es sich um das Gesamtsystem zur Erfassung aller Bewegungen auf dem Schienennetz. Aus diesem Gesamtsystem lassen sich unter unterschiedlichsten Gesichtspunkten entspr. Outputs generieren (Beispiele sind die so genannte Wagenverlaufsdatei, aber auch die Teilzugsdatei).

<sup>22</sup> Auch hier gilt analog zur Strasse: Bei den Transporten von Sammelgütern werden die ursprünglichen Warenarten nicht mehr erfasst. Dies gilt bei der Bahn insb. für Behälter des kombinierten Verkehrs.

Die Wagenverlaufsdatei wäre auf Wunschlinien-Form aggregierbar; der zeitliche Bezug ist faktisch frei wählbar. Sie eignet sich somit zur umfassenden Analyse des Schienengüterverkehrs. Nachfrage- und Zielwahlmodelle sind mit ihr gut kalibrierbar; im Zweifelsfall wären die Daten auch als direkter Input für diese beiden Modellstufen denkbar (zzgl. Verkehrsmittelwahl). Die Einschränkung besteht darin, dass auch mit der Wagenverlaufsdatei keine Informationen zu Vor-/Nachlauf allfällig kombinierter Transportvorgänge vorliegen. Ableitbar aber sind querschnittsbezogene Daten in Form von Zugsbelastungen.

#### **ASTRA: Strassenverkehrszählung (SASVZ)**

Die Schweizerische automatische Strassenverkehrszählung basiert inzwischen ausschliesslich auf automatischen Zählstellen (Induktionsschleifen) und hat die manuelle, fünfjährlich durchgeführte Zählung abgelöst. Kontinuierlich werden die Daten an mehr als 300 Querschnitten erfasst; das Messstellennetz wird weiter ausgebaut.

Folgende, für Verkehrsmodellierungen relevante Differenzierungen sind in der SASVZ enthalten:

- › Fahrzeugtypen,
- › Spitzenstunde, DTV, DWV oder Jahresdaten.

Die Daten der SASVZ eignen sich zur Kalibration von Modellen (Routenwahl). Darüber hinaus können sie bereits für einige ortsbezogene Analysen geeignete Daten liefern.

#### **BFS: Gütertransportstatistik und Statistik des öffentlichen Verkehrs**

In aggregierter Form stellen die Gütertransportstatistik (GTS) sowie die Statistik des öffentlichen Verkehrs übergeordnete, insb. zeitreihenbezogene Daten zur Verfügung. Faktisch sind sie Extrakte vorhandener Statistiken: Bei der GTS handelt es sich um die Zusammenfassung von GTE und Erhebung GQGV. Die Statistik des *öffentlichen Verkehrs* stellt das Pendant zur GTE mit Bezug zur Schiene dar – im Unterschied zur GTE handelt es sich hierbei jedoch um eine Vollerhebung. Folgende, für Verkehrsmodellierungen relevante Differenzierungen sind in beiden Statistiken enthalten:

- › Aufkommen sowie Fahr- und Verkehrsleistung,
- › Strassen- und Schienengüterverkehr,
- › Verkehrsarten,
- › Warengruppen (nach 20 NST-Abteilungen; Mehrfach-Disaggregationen auf Anfrage),
- › Jahresbezug mit Zeitreiheninformationen (vollständig erst ab 2008),
- › keine räumliche Differenzierung (Bezug Schweiz).

Diese Daten eignen sich insb. zur Analyse aus top down-Sicht. Zur differenzierten Modellierung im Sinne eines klassischen Verkehrsmodells sind die Daten bis auf Eckwertvergleiche nicht zu gebrauchen. Für makroökonomische Betrachtungen stellen sie aber einen wichtigen Input dar (Zeitreihenmodelle, einfache Treibermodelle, Modelle mit Transportintensitäten).

### **Weitere Nachfragedaten**

Die bis hierhin aufgeführten Daten stellen aufgrund ihrer Differenzierungen die Hauptquellen für eine nationale Verkehrsmodellierung dar. Weitere Datenquellen können Teilmodelle plausibilisieren resp. zur Kalibration hilfreich sein sowie Analysen zu detaillierteren Fragestellungen unterstützen.

Zum Strassengüterverkehr ist noch die laufende **Erhebung Lieferwagenverkehr** (Datenquelle: BFS) zu nennen. Mit ihr sollen in Ergänzung der GTE die Fahrten von leichten Nutzfahrzeugen detailliert erfasst werden; zurzeit liegen aber noch keine entspr. Daten vor. Zur Kalibration von Modellen rückt die Erhebung der **Leistungsabhängigen Schwerverkehrsabgabe LSVA** in den Vordergrund (Datenquelle: EZV). Sie liefert nach LSVA-Fahrzeugklassen Daten zu Fahrleistungen und kann damit (fahrzeugbezogene) Eckwerte zur Ziel- und Routenwahl vorgeben resp. diese plausibilisieren; Informationen zu Quellen und Zielen sowie zu Warenarten liegen jedoch nicht vor. Ob Fahrzeugbestandsdaten der Verkehrsmodellierung Unterstützung bieten können bleibt eher fraglich, da die Modelle i.d.R. nicht auf solche Daten zurückgreifen. Mit dem Register zum **Motorfahrzeugbestand (MOFIS)** beim ASTRA steht zumindest eine umfangreiche Datenbasis zur Verfügung.

Für den Schiengüterverkehr stehen noch ergänzende Daten insbesondere zum kombinierten Verkehr zur Verfügung. Allerdings sind die entspr. Detaillierungsgrade eher eingeschränkter Natur. Zu nennen wäre die **Statistik der UIRR** zum Aufkommen in allen Arten des intermodalen Transports (Tonnagen und Sendungen für UKV und ROLA), jedoch nur auf Länderebene und v.a. nur für UIRR-Mitglieder (ehem. Staatsbahnen). Ebenfalls zum kombinierten Verkehr sind **Umschlagsstatistiken** der Terminalbetreiber relevant – sie liegen jedoch nicht standardisiert und an einer Quelle vor.

Alle bis anhin benannten Daten beziehen sich auf Strasse und Schiene. Zur Binnenschifffahrt – relevant für Import- und Export-Ströme – sind die **Statistiken der Schweizerischen Rheinhäfen** von Bedeutung. Mit ihr lassen sich Aufkommen sowie Quell-Ziel-Beziehungen nachvollziehen.

Die Nachfragedaten sind – als verkehrliche Kenngrößen – das Output von Transportstatistiken. Das bedeutet, sie werden beim Transport erfasst – eine Verloader- oder Empfängersicht erfolgt

nicht. Insbesondere die Strukturierung der Warengruppen erfolgt unter verkehrlichen Aspekten. Damit ist jedoch vermehrt ein Bereich unbestimmter Waren und nicht vollständiger Transportketten verbunden. Der Bereich der unbestimmten Waren ergibt sich aus dem Einsatz von Transportgefässen für das verstärkt auftretende Stück- resp. Sammelgut. Dieses „verschwindet“ in den Transportstatistiken in den „black boxes“ von Containern, Trailern oder Wechselbehältern resp. wird als nicht näher bestimmte Warenart klassiert. Zur Auflösung oder doch zumindest zur Annäherung an das Problem sind **Aussenhandelsstatistiken** einsetzbar. Diese können zumindest für grenzüberschreitende Transporte zusätzliche Informationen liefern – zwar nur auf Länderebene, dafür aber in sehr detaillierter Warendifferenzierung. Beispiele wären die *Zollstatistik* der EZV<sup>23</sup>, die Handelsdatenbank *Comext* von Eurostat oder *Comtrade* der Vereinten Nationen.

Für inländische Warenströme gibt es eine solche Auflösung von Handelsströmen nicht. In Annäherung wären allenfalls die **Input-Output-Tabellen** im Rahmen der Erzeugungsdaten (siehe dort) oder die **Materialflusstabiliken** aus der Umweltgesamtrechnung denkbar. Mit der Materialflusstabilik stehen zumindest schweizweit Tonnenströme vom Abbau über die Nutzung bis zur Deponierung resp. bis zum Recycling zur Verfügung, an deren Mengen sich die Nachfrage-Ecken plausibilisieren liessen. Insbesondere für Transportströme im Zusammenhang mit der Bautätigkeit stellen die hier ausgewiesenen Materialflüsse eine gute Kenngrösse dar.

### **Nachfragedaten für Regionen ausserhalb der Schweiz**

Mit Blick auf die grenzüberschreitenden Transportströme (Import, Export, Transit) rücken entsprechende Nachfragedaten aus dem Ausland in den Fokus. Für Import und Export sind die jeweils zugehörigen Quell- und Ziel-Beziehungen von Interesse, für den Transit die tatsächlichen wie auch die potenziellen Ströme durch die Schweiz – in erster Linie Nord-Süd-Verkehre mit Bezug zu Italien.

Verkehrsstabilisch helfen die Daten von Eurostat – eingeschränkt – weiter: Auf der Länderebene können die modalen Güterströme nach Warenarten (NST) extrahiert werden; strukturell tiefer gegliedert sind da bereits die oben erwähnten Aussenhandelsstatistiken, zu denen nach wie vor Erhebungen vorliegen, welche auch modale Differenzierungen erlauben. Räumlich differenziertere Angaben sind relational nur für den Schienengüterverkehr und die Binnenschiffahrt verfügbar (beides ohne allfällige Vor-/Nachläufe). Für den Strassengüterverkehr sind feinräumliche Wunschlinien von Eurostat nicht zu beziehen – hier sind im Zweifelsfall nationale Statistikquellen zu kontaktieren. Zumindest auf deutscher wie auch auf italienischer Seite liegen

<sup>23</sup> Hier ist neben der Länderaggregation zumindest betreffend Schweizer Quellen und Ziele eine Detaillierung auf Kantonsebene verfügbar.

entsprechende Daten vor – der Erkenntnisgewinn gegenüber den aus den Erhebungen AOGV vorliegenden Daten ist jedoch nicht als signifikant einzustufen.

#### **Nachfragedaten aus Verkehrsmodellen**

Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, dass die im Kapitel 5 aufgeführten Modelle selbstredend auch entsprechende – modellierte – Wunschlinienmatrizen (gesamt- und teilmodal) beinhalten. Zumindest zu Vergleichszwecken für die grenzüberschreitenden Ströme wäre ein Blick in TransTools und allenfalls auch nach Deutschland (BVWP) denkbar; die Qualität der Matrizen konnte jedoch im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht geprüft werden.

## 5.2. ERZEUGUNGSDATEN

Mit Erzeugungsdaten werden Nachfragedaten generiert (modelliert). Aus (in der Regel) strukturbeschreibenden Daten wird versucht, Gütertransporte abzuleiten. Die Bandbreite infragekommender Daten ist sehr hoch – und modellabhängig. Der Zusammenhang zwischen erklärender und zu erklärender Grösse ist gerade im Güterverkehr nicht immer unmittelbar herzustellen. Stattdessen wird vielfach auf Hilfsgrössen zurückgegriffen, die eventuell auf den ersten Blick keinen klaren Bezug zum Güterverkehr erkennen lassen.<sup>24</sup> Deshalb streckt sich der potenziell infrage kommende Datenbereich sehr weit und geht von der Demografie über Landnutzung bis hin zur Volkswirtschaft.

Mit Blick auf die Schweizer Güterverkehrsmodellierung sind die nachfolgend genannten Datenquellen relevant; die Reihenfolge der Aufzählung gibt – in gewissen Grenzen – die Relevanz der Quellen wieder.

RELEVANTE NACHFRAGEDATEN		
Quelle	Datensatz	Einordnung
BFS	Unternehmensstatistik (STATENT)	› wichtigste Grundlage zur Nachfrageerzeugung und Zielwahl mittels beschäftigungsbezogenen Kennzahlen
BFS	Arealstatistik (NOAS)	› zusätzliche Grundlage zur Nachfrageerzeugung und Zielwahl mittels nutzungs- und flächenbezogenen Kennzahlen
BFS/SECO	Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung (VGR)	› gute Grundlage für Makro-Modelle und zeitreihenbasierte Methoden
BFS	Szenarien zur Bevölkerungsentwicklung	› wichtigste Grundlage zur Ableitung von Rahmendaten für Prognosezustände

**Tabelle 18** Übersicht zu den für eine nationale Güterverkehrsmodellierung relevantesten Daten und Quellen zur Erzeugung der Nachfrage

Neben diesen wichtigsten Quellen werden nachfolgend auch noch weitere, ergänzende Quellen aufgeführt und kurz erörtert.

### **BFS: Unternehmensstatistik (STATENT)**

Die STATENT ersetzt die Betriebszählung (BZ) und stellt die entsprechenden Daten neu jährlich zur Verfügung. Mit der STATENT werden die Art des wirtschaftlichen Handelns und die Anzahl der Beschäftigten (an den jeweiligen Arbeitsstätten) abgegeben. Die STATENT umfasst alle Sektoren (Landwirtschaft, Industrie, Dienstleistung) und stellt eine Vollerhebung dar. Der räumli-

<sup>24</sup> Bspw. wird für das Transportaufkommen des Einzelhandels vielfach die Beschäftigtenanzahl herangezogen, obwohl streng genommen die Kunden die Nachfrage generieren und nicht die Angestellten eines Einzelhändlers; ähnliche Zusammenhänge werden vielfach auch mit flächenbeschreibenden Kenngrössen hergestellt.

che Bezug ist bis auf Hektarebene auflösbar; mit dem **Hektarraster** stehen die entsprechenden Daten zur Verfügung. Folgende, für Verkehrsmodellierungen relevante Differenzierungen sind in der STATENT enthalten:

- › Wirtschaftliche Tätigkeit nach NOGA<sup>25</sup>,
- › Beschäftigte und Vollzeitäquivalente<sup>26</sup> (an der tatsächlichen Arbeitsstelle),
- › Betriebsart.

Für die Modellierung des Güterverkehrs ist die STATENT *die* Datenquelle zur Erzeugung der Nachfrage und zur Lieferung von Kenngrössen für die Zielwahl. Aus der wirtschaftlichen Tätigkeit lässt sich die Warenart und über beschäftigungsbezogene Erzeugungsraten die Menge des Aufkommens ableiten.

Nachdem die STATENT neu alle Sektoren – also auch die Land- und Forstwirtschaft – umfasst, sind Daten aus Spezialerhebungen nicht mehr zwingend notwendig. Je nach Modell könnten dennoch entsprechende Daten von Nutzen sein. Zu nennen wäre dabei die **Betriebszählung im Primärsektor**, in der u.a. die Art der angebauten Kulturen und die Anzahl der Nutztiere erfasst werden. Mit der **Eidgenössischen Holzverarbeitungserhebung** sowie mit der **Forststatistik** liegen allenfalls noch zusätzliche Daten mit Bezug zu Holztransporten vor.

#### **BFS: Arealstatistik der Schweiz**

Mit der Arealstatistik wird die Art der Bodennutzung und -bedeckung wiedergegeben. Die Flächen-Kategorien stehen nach verschiedenen Klassifizierungen zur Verfügung. Die Arealstatistik wurde bislang alle 12 Jahre aufdatiert – dieses Intervall soll künftig bis auf sechs Jahre verkürzt werden. Der räumliche Bezug ist bis auf Hektarebene auflösbar; mit dem **Hektarraster** stehen die entsprechenden Daten zur Verfügung. Folgende, für Verkehrsmodellierungen relevante Nutzungs-Differenzierungen mit entspr. Untergruppen sind von höherer Relevanz:

- › Industrie/Gewerbe,
- › Verkehr,
- › Abbau,
- › Deponie,
- › Landwirtschaft,
- › Bestockung.

<sup>25</sup> Allgemeine Systematik der Wirtschaftszweige (Nomenclature Générale des Activités économiques)

<sup>26</sup> Auf Vollzeitstellen hochgerechnete Teilzeitbeschäftigung.

Durch die Art der Bodennutzung können in Ergänzung zur STATENT ebenfalls erzeugte oder verbrauchte Warenarten und deren Nachfragemengen bestimmt werden – falls dies nicht über Beschäftigungsdaten machbar ist und dazu Flächenmasse geeigneter erscheinen.

In Ergänzung zur Arealstatistik seien noch zwei weitere Quellen genannt: Mit der jährlich erstellten **Bau- und Wohnbaustatistik** stehen bis auf Gemeindeebene neben den Ausgaben resp. Investitionen zum Bau Informationen über die Art und Nutzung der neu erstellten oder um-/ausgebauten Gebäude zur Verfügung, woraus sich allenfalls differenzierte Rückschlüsse zum Güterverkehr im Bauwesen aufstellen lassen. Mit der **Gebäude- und Wohnungsstatistik** werden u.a. hektarfein die Energieträger für Heizung und Warmwasser erfasst und damit allenfalls Rückschlüsse auf entsprechende Transporte im Bereich der Mineralölerzeugnisse ermöglicht.

#### **BFS: Wertschöpfungsstatistik (WS)**

Die Wertschöpfungsstatistik gibt für Unternehmen des sekundären und tertiären Sektors Daten über Bilanzen, (Auftrags-)Vorräte und Investitionen wieder. Die Statistik wird aus einer Stichprobenerhebung gewonnen, die jährlich durchgeführt wird. Landwirtschaft sowie Banken und Versicherungen werden mit gesonderten Erhebungen erfasst. Die WS ist ein wichtiger Input zur volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung.

Die WS stellt in Ergänzung zur STATENT und zur Arealstatistik eine dritte Möglichkeit dar, Warenarten und deren Aufkommensmengen zu ermitteln, indem dies über die Wertschöpfung erfolgt. Als einschränkend ist jedoch die fehlende Regionalisierung einzuschätzen, so dass aus der WS v.a. branchenbezogene Kennzahlen ermittelt und dann allenfalls auf regionale Einheiten bezogen werden können (via Aggregate bspw. des regionalen BIP).<sup>27</sup>

#### **BFS/SECO: Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung (VGR)**

Die VGR ist eine Synthesestatistik, mit der v.a. makroökonomische Kennzahlen zur Verfügung gestellt werden. Sie wird jährlich und quartalsweise erstellt und enthält folgende, für die Güterverkehrsmodellierung relevante Kenngrößen:

- › Bruttoinlandsprodukt (BIP),
- › Konsumausgaben,
- › Bruttoanlageinvestitionen,
- › Importe und Exporte.

<sup>27</sup> Ob die Originaldatensätze hier für eine allfällige Regionalisierung weiterhelfen können, ist nicht bekannt. In Anlehnung an die Verkehrsstatistiken ist jedoch zu vermuten, dass die Belastbarkeit solcher Stichprobendaten im Vergleich zu hochgerechneten Aggregaten abnimmt; fraglich ist auch, ob der Datenschutz eine Weitergabe solcher Informationen überhaupt zulässt.



Die VGR besitzt eine Makro-Sicht und ist damit v.a. für entsprechende top down-Modelle von Belang und kann für Mikro-Modelle zur Plausibilisierung von Eckwerten verwendet werden. Sie stellt im Gegensatz zu einem Grossteil der hier aufgeführten Quellen kontinuierliche Zeitreiheninformationen zur Verfügung.

### **BFS: BIP der Kantone**

In Ergänzung zur VGR wird vom BFS seit 2008 auch das Bruttoinlandsprodukt nach Kantonen resp. nach Grossregionen ausgewiesen. Für die Güterverkehrsmodellierung kann dies zur allfälligen (groben) Regionalisierung im Rahmen von Makro-Modellen von Nutzen sein.

### **BFS: Input-Output-Tabelle (IOT)**

Die Input-Output-Tabelle ist keine Statistik im üblichen Sinne; sie wird nicht regelmässig erstellt und ist das Resultat von Berechnungen auf der Basis diverser Annahmen. Im Ergebnis dieser Analysen wird jedoch der (wertbezogene) Güterkreislauf der Schweizer Volkswirtschaft so gut wie möglich wiedergegeben. Die letzte IOT beschreibt den Zustand für 2008 (nach 2001 und 2005) – wann die nächste IOT erstellt und veröffentlicht wird, ist noch nicht bekannt. Die zuletzt vorliegende IOT des BFS zeichnet sich durch folgende, für die Güterverkehrsmodellierung allenfalls relevante, Differenzierungen aus:

- › 44 Branchen und Gütergruppen aller Sektoren (kompatibel zu NOGA),
- › 20 Kategorien der Endnachfrage,
- › Güteraufkommen zu Herstellungspreisen,

Auf Basis der IOT wäre nach Umrechnung der Preise in Tonnen ein mengenbezogener Güterkreislauf abbildbar. Dieser könnte als Input für aggregierte wie auch disaggregierte Modelle Verwendung finden. Eine räumliche Differenzierung ist jedoch nicht gegeben.

Es gibt weitere, zu Input-Output-Tabellen vergleichbare, Publikationen des BFS. Dazu zählen die jährlich publizierten **National Accounting Matrices (NAM)**, welche jedoch mit Blick auf den Güterverkehr zu stark aggregieren und keinen Mehrertrag zu den IOT darstellen. Zu prüfen wäre allenfalls, ob auf die NAM aufsetzende Arbeiten wie bspw. die **National Accounting Matrix including Environmental Accounts (NAMEA)**, welche aus Umweltsicht relevante Stoffflüsse abschätzt, einen tatsächlichen Mehrwert liefert, obwohl auch sie das Resultat umfangreicher Modellierungen darstellt.

### **BFS: Produktions-, Auftrags- und Umsatzstatistik (INDPAU)**

Mit der INDPAU steht eine Statistik zur Verfügung, mit der Nachfragekenngrössen hilfsweise über *umsatzbezogene* Kenngrössen anstatt über Wertschöpfung oder Beschäftigung ermittelt werden können. Da ihre räumliche Auflösung nicht über die Länderebene hinausgeht, ist sie v.a. für Modelle mit Makro-Sicht von einigem Interesse oder kann zur Plausibilisierung von Eckwerten für Mikro-Modelle verwendet werden.

### **BFS: Statistik der Bevölkerung und Haushalte (STATPOP)**

Die Bevölkerungsstatistik stellt für den Güterverkehr keine primäre Datenquelle dar. Mit ihr könnten jedoch hilfsweise und je nach Modell Güterströme erklärt werden, für die es innerhalb der oben genannten Primärquellen keine geeignete Erklärungsgrösse gibt.

### **BFS: Szenarien zur Bevölkerungsentwicklung der Schweiz**

Alle bis anhin aufgeführten Erzeugungsdaten besitzen retrospektiven Charakter. Für prognostische Fragestellungen steht mit den Szenarien zur Bevölkerungsentwicklung faktisch nur ein Datensatz zur Verfügung, aus dem sämtlicher Input abzuleiten wäre. Darin werden verschiedene Szenarien und Varianten quantifiziert – immer mit Bezug zur Schweiz, also auf Landesebene, bis zum Horizont 2060. **Kantonale Szenarien** stehen auch zur Verfügung – jedoch nur mit Horizont bis 2035.

Der jeweilige Prognosehorizont wird fünfjährlich erweitert und dabei werden die Szenarien entsprechend aktualisiert. Inzwischen finden auch jährliche Aktualisierungen statt – dies aber nur für den mittelfristigen Zeitraum t+10 Jahre und nur für das mittlere Trend-Szenario in Anpassung an die zwischenzeitlichen, tatsächlichen Bevölkerungsentwicklungen.

Mit Blick auf die Güterverkehrsmodellierung ist die in den Szenarien enthaltene Kenngrösse der **Erwerbstätigen** noch von Interesse. Allerdings stehen dazu keine kantonalen Daten zur Verfügung und auch ein Branchenbezug ist nicht vorhanden.

Hilfsweise sind die auch dem NPVM zugrunde gelegten sozioökonomischen Daten einzusetzen; diese werden im Auftrag des ARE erstellt.

### **EFD: Langfristperspektiven**

In Anlehnung an die Szenarien zur Bevölkerungsentwicklung gibt das Eidgenössische Finanzdepartement die *Langfristperspektiven der öffentlichen Finanzen in der Schweiz* heraus.<sup>28</sup> Für die Güterverkehrsmodellierung ist darin die langfristige Prognose des BIP von Interesse, welche auf

<sup>28</sup> Die Publikation erfolgt vom EFD; inwiefern die dem Perspektivstab des Bundes zuarbeitenden Ämter einen entsprechenden Input liefern, erschliesst sich aus dieser Arbeit nicht.

die Bevölkerungsszenarien abgestimmt ist und unter Zuhilfenahme einer entsprechenden Annahme über die Produktivitätsentwicklung abgeleitet wird. Weitere Differenzierungen sind jedoch nicht vorhanden (Branchen, Räume).

### **Erzeugungsdaten für Regionen ausserhalb der Schweiz**

Für allfällige Modelle mit Bezug zu Regionen ausserhalb der Schweiz (Import, Export, Transit) liegt eine Vielzahl der oben aufgeführten Kenngrössen auch auf europäischer Ebene vor. Bei Eurostat sind diese Daten im Rahmen der **Regionalstatistik** abrufbar. Dies gilt in erster Linie für Beschäftigtenzahlen nach Wirtschaftszweigen (NACE, analog NOGA) und Daten zu regionaler Wertschöpfung. Auf nationaler Ebene sind sämtliche Daten der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung verfügbar (**Ameco-Datenbank** der DG EcFin). Input-Output-Tabellen sind sowohl für Gesamteuropa verfügbar wie auch auf nationaler Ebene.

**Prognostisch** gestaltet sich die Datenlage ähnlich wie in der Schweiz. Neben den üblichen Kurzfristprognosen (Ameco-Datenbank) sind auf dem Langfristpfad nur Bevölkerung und darauf aufbauend Beschäftigung sowie BIP verfügbar. Die regelmässig aktualisierten Ageing-Reports der DG-EcFin beinhalten die entsprechenden länderspezifischen Daten.

### 5.3. ANGEBOTS DATEN

Angebotsdaten dienen der modellhaften Abbildung des Angebots zur Bewältigung der Transportnachfrage. Im Gegensatz zu den Nachfrage- und Erzeugungsdaten sind die in Frage kommenden Datenquellen sehr breit gestreut. Dementsprechend ist die Informationslage als äusserst fragmentiert einzuschätzen, was einen enormen Aufwand zur Vervollständigung eines Angebotsmodells impliziert. Daher sind die bestehenden Angebotsmodelle (NGVM, aber auch NPVM) bereits die wichtigste Datengrundlage einer nationalen Güterverkehrsmodellierung.

RELEVANTE ANGEBOTS DATEN		
Quelle	Datensatz	Einordnung
VM-UVEK	NGVM NPVM	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Netzmodelle im Rahmen der Verkehrsmittelwahl (fünf so genannte logistische Systeme)</li> <li>› gut geeigneter Basisdatensatz – sowohl zur Attributierung wie auch zur Netztopologie</li> </ul>
SBB-I	Netznutzungskonzept	› sehr gut geeigneter Systemfahrplan zur Abbildung von Güterverkehrsstrassen im Schienennetz (ab ca. 2017 – wenn das Gütertransportgesetz im Parlament angenommen wird)

**Tabelle 19** Übersicht zu den für eine nationale Güterverkehrsmodellierung relevantesten Daten und Quellen zur Abbildung der Angebote

#### VM-UVEK: Netze NGVM/NPVM

Die vorhandenen Netzmodelle im VM-UVEK sind heute die umfassendste Datengrundlage zur Modellierung des Angebots. Im NGVM ist im Rahmen der Verkehrsmittelwahl ein fünfstufiges Netzmodell hinterlegt. Die Kanten dieses Modells sind mit den (physischen) Eigenschaften attribuiert, welche für die Verkehrsverteilung und v.a. für die Verkehrsmittelwahl zur Ermittlung der jeweiligen Kosten benötigt werden (Verkehrs- resp. Logistiksysteme, Streckenlänge, Geschwindigkeiten, Fahrtzeiten)<sup>29</sup>.

Die Netzabdeckung ist – im Vergleich zu anderen nationalen Güterverkehrsmodellen – als sehr feinräumig einzustufen; bedingt durch die Massgabe, dass das Güter- mit dem Personenverkehrsmodell kompatibel sein soll. Allfällige Attribute aus dem NPVM wären somit ohne grösseren Aufwand auf das NGVM übertragbar – dies könnte v.a. für künftige Netzerweiterungen im NPVM von Bedeutung sein (Stichwort MISTRA).

Auch wenn die Netze des VM-UVEK den Schienenverkehr einschliessen, so liegt doch deren grösserer Mehrwert beim Güterverkehr auf dem Strassennetz. Für den Schienengüterverkehr

<sup>29</sup> Dazu ist jedoch anzumerken, dass mit diesen physischen Attributen keine Transport-Angebote im eigentlichen Sinne verbunden sind, so wie es bspw. einem Fahrplan bei der Bahn gleichkommt. Im Gegensatz zum Personenverkehr genügt es beim Güterverkehr selbst nur schon bei der Strasse nicht, die sich theoretisch ergebende Fahrtzeit zu berücksichtigen. Statt dessen wären sinnvollerweise die tatsächlichen Transport-Angebote zu berücksichtigen (bspw. Over-Night-Angebote); die Komplexität erhöht sich dann durch Berücksichtigung verschiedenster Service-Level innerhalb dieser Angebote.

fehlen die notwendigen Attribute, welche zumeist nicht ohne Grund in entsprechenden Spezial-Anwendungen umgesetzt werden (siehe Modelle, bspw. MOSES, NEMO).

### **Netznutzungskonzept**

Im Entwurf zum Gütertransportgesetz wird vorgeschlagen, im Eisenbahngesetz die Netznutzung in einem Konzept festzulegen. Darin sind die Trassen je Strecke und Verkehrsart definiert. Mit Netznutzungsplänen soll das Konzept in Form von Fahrplänen umgesetzt werden.

Mit Blick auf die Güterverkehrsmodellierung können die aus einem solchen Netznutzungsplan resultierenden Systemtrassen zumindest ein vorerst geeignetes Attribut zum Routing von Schienengüterverkehrsnachfrage darstellen. Dem aber sind dann weitere Attribute zu den Produktionssystemen hinzuzufügen, so dass die tatsächliche Zugsbildung und der tatsächliche Fahrweg inkl. allfälliger Rangiervorgänge abgebildet werden kann; auch hier gilt: dies setzen i.d.R. die entspr. Spezialanwendungen um.

Alle weiteren strecken- oder knotenbezogenen Daten sind aus diversen **Einzelquellen** zu beziehen. Dies gilt sowohl für Daten zu Lage, Art/Typ der Anlage und entsprechenden Attributen.

So sind bspw. weitere detaillierte Angaben zum Bahnnetz dem **Netzweiten Trassensystem (NeTS)** – als Nachfolger des bisherigen Systemfahrplans (SYFA) – zu entnehmen. Rund um dieses System gibt es weitere Angebotsbeschreibungen insb. der SBB Cargo zu den einzelnen Anlagen wie bspw. den Bedienpunkten resp. Terminals.

Standardisierte Zusammenstellungen weiterer **Logistikanlagen** – seien es intra- oder intermodale Umschlagspunkte oder Lagerstätten oder sonstige Verteilzentren – gibt es nicht. Stattdessen sind zumindest Übersichten zu den einzelnen (wichtigsten) Betreibern oder Hinweise dazu zu finden, bspw. unter [www.logistikplattform.ch](http://www.logistikplattform.ch) oder aber auch in der Logistikmarktstudie der HSG.

Einen Sonderfall stellen die Daten dar, welche mit physischen Netz-Attributen im Rahmen von Verteilungs-/Verkehrsmittelwahl-/Routenwahl-Modellen verknüpft werden. Im Güterverkehr betrifft dies in erster Linie **Transportkosten resp. -preise**. Diese werden in den einzelnen Modellen je nach Gestaltung des Modells differenziert.

Wie bereits in der Einschätzung zum Verkehrsmittelwahlmodell im Rahmen des bestehenden NGVM ausgeführt, sind i.d.R. die Preise (aus Nachfragersicht) relevanter als die (sich theoretisch ergebenden) Kosten aufgrund entsprechend bekannter Kostensätze. Dass es zwischen beiden Sichten zum Teil erhebliche Unterschiede geben kann, wurde ebenfalls bereits angesprochen. Zu den entscheiderelevanten Preisen gibt es kaum absolute Daten. Preisindices können nur die

relative Entwicklung über die Zeit abbilden (bspw. Produzentenpreisindex für den schweizerischen Güterverkehr vom BFS). Für die als erste Annäherung zumeist verwendete Kostenseite existiert bereits ein umfangreiches Datenset im NGVM.

**Weitere** im Rahmen der Güterverkehrsmodellierung denkbare **Angebotsdaten** beziehen sich dann auf die (oben bereits angedeutete) Art des Transports. Das kann verkehrsmittelunabhängig sein – dem Verlager ist es schlussendlich egal, mit welchem Verkehrsmittel sein Transportbedürfnis befriedigt wird –, das kann aber auch modalspezifisch erfolgen. Zumeist handelt es sich dabei um Fragen der Transportzeit zwischen Versender und Empfänger, Fragen der Transportorganisation (wer organisiert was im Rahmen der Transportkette, und wer ist davon für den Versender/Empfänger „sichtbar“), Fragen der Transportqualität (Pünktlichkeit, Handling), aber auch um Fragen der generellen Transportfähigkeit (bspw. für spezifische Produkte).

Solche – am ehesten vielleicht noch mit einem Bahn-Fahrplan „vergleichbare“ – Angebotsdaten sind nicht per se verfügbar. Denkbar wäre aber, die Angebote grösserer **Logistikdienstleister** in ein Modell einzubinden. Dazu müsste bei den entsprechenden Anbietern recherchiert werden.

Zu Teilbereichen der oben benannten Angebotsdaten liegen bruchstückhafte Informationen, aber eben nicht flächendeckend oder gar standardisiert vor. Zu nennen wären bspw. die **Pünktlichkeitsstatistiken** der Infrastrukturbetreiberin SBB, welche für einzelne Trassen mittlere Verspätungen für ein Fahrplanjahr ex-post angeben kann. Zu **Schadensquoten** könnten sich theoretisch Versicherungen äussern – aus Gründen des Geschäftsgeheimnisses wird dies jedoch praktisch nicht möglich sein.

## 5.4. MODELLIERUNGSDATEN

Neben den bis anhin genannten Datenkategorien gibt es eine weitere Art an Daten, mit der die Funktionen eines Modells aufgestellt resp. kalibriert werden können. Dies betrifft in erster Linie die drei Modellstufen der Verkehrsverteilung, der Verkehrsmittelwahl und der Routenwahl. Praktisch betrifft dies v.a. die Parameter der einzelnen Modellfunktionen.

Im Gegensatz zu den anderen Datenkategorien erscheint hier eine Einteilung nach Datenquellen wenig angebracht. Vielmehr werden die entsprechenden Informationen entweder aus bestehenden empirisch vorliegenden Datenbeständen abgeleitet oder aber aus eigens dafür konzipierten Befragungen generiert.

**Revealed preference Data**

Faktisch zählen dazu alle Datenbestände, die bereits bei den Nachfragedaten benannt wurden. Eine Kalibration von Modellen auf einen entsprechenden Zustand hin ist mit diesen Daten sehr gut möglich – wenn der Grad der Datendifferenzierung vergleichbar ist. Die für ein strategisches Modell jedoch bedeutsame Möglichkeit der Variation entsprechender Eingangsdaten ist mit einem derart kalibrierten Modell jedoch kaum oder nur in sehr begrenztem Rahmen möglich.

**Stated preference Data**

Mit Befragungen zu Verhaltensweisen unter der Auswahl verschiedener Wahlmöglichkeiten lassen sich Nutzenfunktionen zur Verteilung, zum Modalsplit und auch zum Routing parametrisieren. Diese Befragungen sind vielfach auf konkrete Modelle hin konzipiert. Dennoch gibt es einige Schweizer Untersuchungen, aus denen allenfalls auch für ein nationales Güterverkehrsmodell Rückschlüsse gezogen werden könnten (ASTRA/SVI 2005, ASTRA/SVI 2008); dies ist jedoch im Einzelfall zu prüfen.

Bereits im Personenverkehr gestalten sich die stated preference-Befragungen in Vorbereitung, Durchführung und Auswertung äusserst aufwändig. Im Güterverkehr potenziert sich der Aufwand infolge der deutlich höheren Anzahl an Variablen resp. Wahlmöglichkeiten. Darüber hinaus ist im Güterverkehr anzumerken, dass gewisse Rahmenbedingungen die Stabilität der einmal erhobenen sp-Daten einschränken (schnellere technologische und v.a. prozessorale Wechsel, persönliche oder Akteurs-abhängige Präferenzen etc.).

## 5.5. GEGENÜBERSTELLUNG DER DATENLAGE ZU METHODEN UND MODELLE

Nachfolgend wird die Datenlage mit Blick auf den Datenbedarf der Methoden und Modelle dargestellt. Die Gliederung übernimmt die Erkenntnisse aus der Erörterung der Modelle und unterscheidet demnach zwischen der Art der Fragestellung. Eine detaillierte Gegenüberstellung der einzelnen Modelldaten mit der Datenlage ist im Anhang enthalten (Tabelle 34 auf Seite 138).

### Aggregierte Modelle

Für aggregierte Modelle steht eine Vielzahl an Daten zur Verfügung. Diese Aussage gilt insb. mit Blick auf retrospektive Analysen. Die Ist-Zustände können mit hinreichend differenzierten Daten wiedergegeben und diskutiert werden.

Für prospektive Fragestellungen steht faktisch nur die Bevölkerungsprognose (und daraus abgeleitet eine BIP-Entwicklung) zur Verfügung. Die weitere Entwicklung aller quantitativ fassbaren Treiber muss daher in Ableitung auf diese Eck-Prognosen erfolgen.

AGGREGIERTE METHODEN UND MODELLE		
Methoden/Modelle	Datenbedarfs	Datenlage
Zeitreihen	› Nachfragedaten	› vorhanden (aggregiert)
	› Erzeugungsdaten	› retrospektiv vorhanden › prospektiv eingeschränkt vorhanden (zur Prognose); allenfalls ableitbar
Regressionsmodelle	› Nachfragedaten	› vorhanden (aggregiert und teilweise auch disaggregiert)
	› Erzeugungsdaten	› retrospektiv überwiegend vorhanden (je nach Grad der allenfalls notwendigen Disaggregation) › prospektiv eingeschränkt vorhanden (zur Prognose); allenfalls ableitbar
Treibermodelle und Transportintensitäten	› implizite Verknüpfung von Erzeugungs- und Nachfragedaten	› zur Analyse: vorhanden › zur Prognose: nicht vorhanden
Gravitationsmodelle	› Nachfragedaten	› teilregional vorhanden › unterhalb der NUTS-1-Ebene sinkt jedoch die Zuverlässigkeit
	› Erzeugungsdaten (als Attraktionsvariablen)	› teilweise vorhanden (Bevölkerung, Beschäftigte, BIP oder BWS) mit deutlichen Einschränkungen hinsichtlich Prognosen
	› Angebotsdaten (zur Bestimmung der Widerstandsparameter wie bspw. Zeiten, Kosten)	› nur näherungsweise vorhanden › Preise liegen nicht vor › prospektiv keine Informationen (es sind Annahmen zu treffen)
Elastizitätenmodelle	› Nachfragedaten	› vorhanden
	› Erzeugungsdaten (Elastizitäten auf Preise, Angebote etc.)	› nur sehr eingeschränkt vorhanden
	› Angebotsdaten	› je nach Grad der Aggregation vorhanden

**Tabelle 20** Übersicht zur Datenlage für aggregierte Modelle insb. zur Beantwortung übergeordneter Fragestellungen



### Disaggregierte Modelle

Für disaggregierte Modelle sind auf der empirisch gestützten Nachfrageebene Daten eingeschränkt vorhanden – zumeist jedoch modal und mit einem entsprechenden Aufwand zur Aufbereitung als Input für solche Modelle. Aufgrund der fehlenden Informationen zu disaggregierten Erzeugungsdaten sind strategische Fragestellungen aber kaum zu beantworten.

<b>DISAGGREGIERTE METHODEN UND MODELLE</b>		
<b>Methoden/Modelle</b>	<b>Datenbedarfs</b>	<b>Datenlage</b>
Logit-/Probit-Modelle	› Nachfragedaten	› disaggregiert nur sehr eingeschränkt vorhanden
	› Angebotsdaten (zur Generalisierung von Transportvorgängen, bspw. via Kosten)	› nur näherungsweise vorhanden › Preise liegen nicht vor › prospektiv keine Informationen (es sind Annahmen zu treffen) › netzbezogene Daten sind mit NGVM resp. NPVM vorhanden
	› Modellierungsdaten (Parameter zur Nutzenfunktion)	› revealed eingeschränkt vorhanden › stated preference nur aus wenigen Befragungen vorhanden
Multimodale Netzwerke	› Angebotsdaten (zur Generalisierung von Transportvorgängen, bspw. via Kosten, oder zur Abbildung der Infrastrukturen, wie bspw. Kapazitäten)	› nur näherungsweise vorhanden › Preise liegen nicht vor › prospektiv keine Informationen (es sind Annahmen zu treffen) › netzbezogene Daten sind mit NGVM resp. NPVM vorhanden
	› Modellierungsdaten (Parameter zur Verkehrsmittelwahl)	› revealed eingeschränkt vorhanden › stated preference nur aus wenigen Befragungen vorhanden
diverse Softwarepakete	› Nachfragedaten	› disaggregiert nur sehr eingeschränkt vorhanden
	› Erzeugungsdaten	› disaggregiert kaum vorhanden
	› Angebotsdaten (zur Generalisierung von Transportvorgängen, bspw. via Kosten)	› nur näherungsweise vorhanden › Preise liegen nicht vor › prospektiv keine Informationen (es sind Annahmen zu treffen) › netzbezogene Daten sind mit NGVM resp. NPVM vorhanden
	› Modellierungsdaten (Parameter zur Nutzenfunktion)	› revealed eingeschränkt vorhanden › stated preference nur aus wenigen Befragungen vorhanden

**Tabelle 21** Übersicht zur Datenlage für disaggregierte Modelle insb. zur Beantwortung räumlich, zeitlich oder strukturell spezieller Fragestellungen

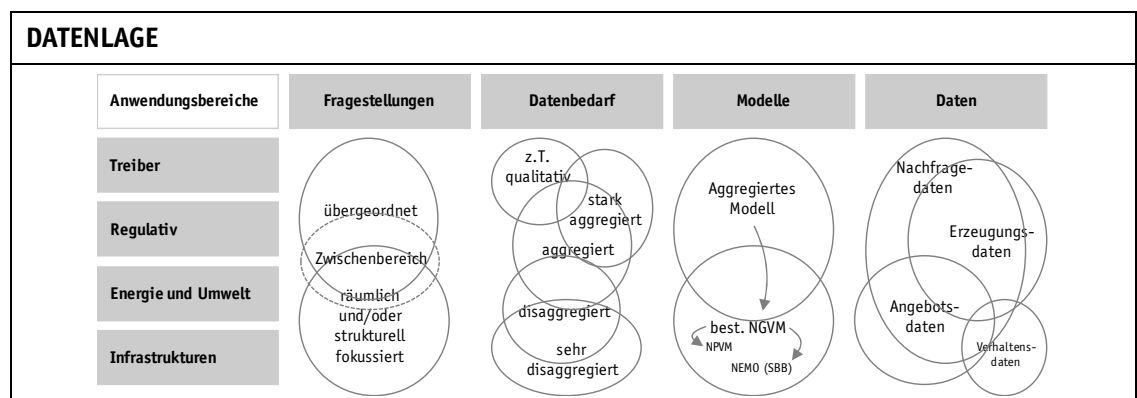
## 5.6. ZWISCHENFAZIT

Aus der Betrachtung der Datenlage lässt sich zusammenfassen, dass aggregierte Nachfrage- und Erzeugungsdaten für retrospektive Analysen – und damit zum Aufstellen entsprechender Modelle – in einem doch ausreichenden Masse vorhanden sind. Dies betrifft v.a. schweizbezogene Betrachtungen, aber auch zur Modellierung grenzquerender Vorgänge ist eine entsprechende (aggregierte) Datenbasis vorhanden. Im Gegensatz zu disaggregierten Modellen ist insb. die Prognosefähigkeit durch pragmatisch-orientierte Vorgehensweisen gegeben., indem auf aggregiertem Niveau aus wenigen (aber immerhin vorhandenen) Erzeugungsdaten entsprechende Input-Daten abgeleitet werden.

Die aggregierten Modelle können aus einem breiten Angebot die passenden Daten auswählen und darauf die eingesetzten Methoden abstimmen. Im Ergebnis ist damit festzustellen, dass insbesondere übergeordnete Fragestellungen ausreichend bearbeitet werden können. Es ist jedoch zu beachten, dass es hier aufgrund der Komplexität des Güterverkehrs, der unterschiedlichen Ansprüche der einzelnen Fragestellungen an die Datendifferenzierung und den jeweils (pragmatisch) damit in Verbindung zu bringenden Datengrundlagen kein Patentrezept zur Modellierung geben wird. Stattdessen wird zu akzeptieren sein, dass es zu Methodenmischungen kommt und eine Art Ideenwettbewerb hier allenfalls die denkbaren Lösungen aufzeigen kann.

Disaggregierte Modelle besitzen einen enorm hohen Datenbedarf – diese Erkenntnis ist nicht neu. Jedoch in Verbindung mit der untersuchten Datenlage führt dies zur Einschätzung, dass sich solche Modelle mit Variablen „begnügen“ müssen, die den Güterverkehr nur stark vereinfachend abzubilden vermögen.

Die nachfolgende Figur 5 greift die schematische Darstellung der Zusammenhänge zwischen Fragestellungen aus der Bedürfnisanalyse und den geeigneten Modellen zur Bearbeitung auf und ergänzt die Sicht der Datenlage.



**Figur 5** Schematische Darstellung der mit den Anwendungsbereichen verbundenen Fragestellungen, der damit erforderlichen der Datendifferenzierung, den dazu geeigneten Modellen und den zur Verfügung stehenden Daten

### **Implikationen zur Strategiaufstellung**

Die Implikationen aus der Datenlage lassen sich kurz halten, indem festzuhalten ist, dass die Datenlage die bei der Bedürfnisanalyse und aus den Erkenntnissen hinsichtlich der Modelle aufgestellten Implikationen unterstreichen:

- › die für übergeordnete Fragestellungen einsetzbaren aggregierten Methoden resp. das damit aufzubauende Modell kann mit entsprechenden Daten versorgt werden,
- › die für spezielle Fragestellungen einzusetzenden disaggregierten Modelle resp. allenfalls das bestehende NGVM können nur mit wenigen disaggregierten Daten, insb. mit Blick auf die Prognosefähigkeit, versorgt werden – hier zeichnet sich auch aus Sicht der Datenlage keine Verbesserung der Methoden/Modelle auf.

## 6. STRATEGIEN

### 6.1. STOSSRICHTUNGEN

Vorab lassen sich – unabhängig aller Überlegungen im Rahmen Bedürfnisanalyse, Modelle und Methoden sowie Datenlage – drei grundsätzliche Stossrichtungen aufstellen:

- › Einstellung der Güterverkehrsmodellierung auf nationaler Ebene,
- › Diversifizierung durch Einsatz oder Erweiterung der bisherigen Instrumente,
- › Ersatz der bisherigen Instrumente.

Unabhängig von den Stossrichtungen resp. den damit verbundenen Strategien ist das generelle Daten- und Informationsbedürfnis zu beachten und mit einem entsprechenden Vorgehen umzusetzen.

Unter Beachtung der Erkenntnisse der aus Bedürfnisanalyse, Modelle und Methoden sowie Datenlage fallen die Einschätzungen zu diesen Stossrichtungen wie folgt dargestellt aus.

#### **Einstellung Güterverkehrsmodellierung**

Diese Stossrichtung wäre die Konsequenz aus fehlenden personellen und fachlichen Ressourcen beim VM-UVEK in diesem Thema – auch wenn allenfalls die (lose) Weiterführung gewisser bestehender Daten oder Arbeiten darin eingeschlossen wäre (siehe oben). Mit der Einstellung der Güterverkehrsmodellierung würde es im Rahmen VM-UVEK keine entsprechenden Daten zum Güterverkehr mehr geben. Praktisch hiesse das, sich auf den Personenverkehr zu konzentrieren. Das bestehende NGVM würde nicht mehr verwendet. Zu klären wäre dennoch der Umgang mit bestehenden Daten und mit den *Perspektiven zum Güterverkehr*.

Bestehende Daten könnten allenfalls weiterhin benutzt werden. Dies betrifft in erster Linie Daten im Zusammenhang mit dem bestehenden NGVM; die Daten resp. Entwicklungen aus den vorliegenden Perspektiven besitzen einen nur sehr geringen Umfang.

Da die Personenverkehrsmodellierung im Rahmen der Belastungsrechnungen (und implizit über allenfalls relevante Rückkopplungen auch bei Ziel- und Verkehrsmittelwahl) zwingend auf Informationen zum Güterverkehr angewiesen ist, wäre vorstellbar, dass die aus dem bestehenden NGVM stammenden Wunschlinien weiterhin verwendet werden. Mit Hilfe von Methoden zur Matrix-Anpassung könnten aktualisierte Schwerverkehrszählungen berücksichtigt werden, ohne dass dies jedoch massnahmenwirksam wäre.

Wichtigster Punkt zur **Einschätzung** dieser Stossrichtung ist, dass sie den Erkenntnissen aus der Bedürfnisanalyse diametral entgegenlaufen würde: Während alle Ämter die Einschät-

zung geäußert haben, dass a) Daten zum Güterverkehr in diversen Anwendungsbereichen benötigt werden und dass b) die Bedeutung dieser Daten angesichts der weiter zu steigenden Mittelfeffizienz beim Umgang mit den natürlichen Ressourcen, dem Raum, den Infrastrukturen und den Folgen des Verkehrs künftig an Relevanz zunehmen wird, würde eine Einstellung der Arbeiten zur Güterverkehrsmodellierung diese Anforderung konterkarieren. Faktisch ist eine solche Überlegung als No Go einzustufen.

Gestützt wird diese Einschätzung auch mit Blick auf die Perspektivarbeiten. Hierfür stünden mit dieser Stossrichtung dem ARE keine entsprechenden Modelle zur Verfügung. Alle entsprechenden Arbeiten – sei es zur Erstellung, aber auch zur Betrachtung allfälliger Sensitivitäten – wären extern zu beauftragen; auch die entsprechende fachliche Kompetenz würde damit nicht vorgehalten.

Zur Einschätzung dieser Stossrichtung ist auch zu erwähnen, dass sie mit der „Rahmenvereinbarung über die bundesinterne Zusammenarbeit und Arbeitsteilung im Bereich der nationalen Verkehrsmodellierung im UVEK (VM-UVEK)“ zwischen den UVEK-Ämtern ARE, ASTRA und BAV nicht kompatibel wäre. Der in dieser Rahmenvereinbarung geschaffene Auftrag und die damit verbundene Zielsetzung hinsichtlich einer nationalen Güterverkehrsmodellierung würden in dieser Stossrichtung nicht umgesetzt.

### **Ersatz der bisherigen Instrumente**

Mit dieser Stossrichtung wäre eine Abschreibung des bestehenden NGVM verbunden. Es wäre durch ein alternatives Modellsystem zu ersetzen. Allerdings ist derzeit kein Modell vorhanden, welches einen signifikant höheren Nutzen als das bestehende NGVM – verglichen mit dessen Funktionalitäten – besitzen würde. Daher wäre von entsprechenden Strategien abzusehen.

Darüber hinaus würde jedoch die Einschätzung bestehen bleiben, dass disaggregierte Modelle für einen Grossteil der Fragestellungen in den Anwendungsbereichen 1 bis 3 (Treiber, Regulativ, Energie und Umwelt) keine angemessene Lösung darstellen würden. D.h. im Umkehrschluss, dass für diese Fragestellungen nach wie vor eine adäquate Methodik zu finden sein würde. Dies betrifft dann auch – analog zur Stossrichtung 1 – die Perspektivarbeiten.

### **Diversifizierung durch Einsatz oder Erweiterung der bisherigen Instrumente**

Mit den Einschätzungen zu den ersten beiden Stossrichtungen bleibt nur die dritte Stossrichtung übrig. In ihr sind Strategien aufzustellen, welche das bisherige Modell weiterverwenden, dieses (in einzelnen Modellstufen) allenfalls optimiert und um solche Modelle ergänzen, die v.a. für übergeordnete Fragestellungen geeignet sind.

## 6.2. ABLEITUNG VON STRATEGIEN

Mit der oben benannten verbleibenden Stossrichtung der Diversifizierung und unter Einbezug der Erkenntnisse aus Bedürfnisanalyse, der Situation bei den Modellen und der Datenlage lassen sich vier Strategien zum Umgang mit einer *nationalen Güterverkehrsmodellierung* ableiten.

<b>STRATEGIEN ZUR NATIONALEN GÜTERVERKEHRSMODELLIERUNG</b>	
<b>Strategie</b>	<b>Kurzbeschreibung</b>
Güterverkehrsmodellierung wie bis anhin	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Verwendung des vorhandenen Güterverkehrsmodells</li> <li>› unabhängig allfälliger aggregierter Modelle</li> </ul>
Güterverkehrsmodellierung light 1 (ohne Modelle)	<ul style="list-style-type: none"> <li>› keine Modellierung (weder aggregiert noch disaggregiert)</li> <li>› aber: Daten-Clearing als Input für entspr. Arbeiten (bspw. zur Begleitung der Perspektivarbeiten)</li> </ul>
Güterverkehrsmodellierung light 2 (nur aggregierte Modelle)	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Modellierung mit (stark) aggregierten Modellen (ggf. vorbereitend für ein später aufzubauendes Nachfrage-Modul für die Strategie „modularisiert“)</li> <li>› Begleitung der Perspektivarbeiten</li> <li>› keine disaggregierte Modellierung, d.h. keine Verwendung des bestehenden NGVM (aber allenfalls später einbeziehbar)</li> </ul>
Güterverkehrsmodellierung modularisiert	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Verwendung von Teilen (Modulen) des vorhandenen Güterverkehrsmodells</li> <li>› punktuelle, stufenweise Ergänzungen an einzelnen Modellstufen (insb. Nachfrage/Zielwahl und allenfalls auch beim Routing) durch vorgelagerte aggregierte Modelle aus der Strategie „light“</li> </ul>

**Tabelle 22** Übersicht der Strategien zur nationalen Güterverkehrsmodellierung im Rahmen VM-UVEK

Die ersten drei Strategien sind als voneinander unabhängige Strategien zu betrachten, d.h. sie können auch alternativ zueinander stehen. Die Strategie einer „Modularisierung“ baut jedoch auf einigen vorgelagerten Strategien auf („light 2“ und je nach zeitlicher Staffelung allenfalls auch der Strategie „wie bis anhin“).

Vorerst unabhängig zu diesen Strategien im Zusammenhang mit einer nationalen Güterverkehrsmodellierung ist ein Vorgehen aufzustellen, welches das Bedürfnis nach *Information und Kommunikation* aus Sicht VM-UVEK abdeckt. Die „Unabhängigkeit“ dieses Vorgehens ist jedoch insofern aufzulösen, indem es begleitenden, parallelen Charakter zu den Modellierungsstrategien besitzt. Je nach Umsetzung oder Zeitpunkt ist eine entsprechende Information und Kommunikation zu den jeweiligen Bestandteilen der nationalen Güterverkehrsmodellierung zu gewährleisten.

<b>VORGEHEN ZUR INFORMATION UND KOMMUNIKATION</b>	
<b>Strategie</b>	<b>Kurzbeschrieb</b>
Information und Kommunikation zur Güterverkehrsmodellierung	› Vorgehensweise über die Kommunikation zur Bündelung der datenbezogenen Bedürfnisse aus Sicht VM-UVEK und in Abstimmung mit den bestehenden Aufgabenteilungen zwischen BFS und UVEK

**Tabelle 23** Übersicht zu einem Vorgehen zur Begleitung der nationalen Güterverkehrsmodellierung hinsichtlich Information und Kommunikation

Nachfolgend werden die oben vorgeschlagenen *Strategien zur nationalen Güterverkehrsmodellierung* ausführlich dargestellt. Einer die Strategie jeweils beschreibenden Erörterung folgt eine kurze Einschätzung. Diese Einschätzung basiert auf einem einheitlichen Bewertungsraster, zu dessen Kriterien die entsprechenden Einschätzungen in einer Tabelle stichpunktartig wiedergegeben werden. Die abschliessende Gesamtübersicht führt die Bewertungen zusammen und ermöglicht somit eine Einschätzung „auf einen Blick“. Dazu wird ein vereinfachtes Bewertungssystem verwendet, welches die Einschätzungen in ein Verhältnis gegenüber dem heutigen Zustand der nationalen Güterverkehrsmodellierung setzt (siehe Tabelle 24).

<b>KRITERIEN ZUR EINSCHÄTZUNG DER STRATEGIEN</b>			
<b>Kriterium</b>	<b>Erörterung</b>	<b>Vorteile</b>	<b>Nachteile</b>
Funktionalität	› Bezug zu den Anwendungsbereichen aus der Bedürfnisanalyse	› je mehr Bedarf abgedeckt wird, desto vorteilhafter	› je weniger Bedarf abgedeckt wird, desto nachteiliger › Kernaufgaben der Ämter können nicht oder nur teilweise erfüllt werden
Implikationen aus nicht abgedecktem Bedarf	› Folgen für die Arbeiten bei den Ämtern, wenn deren Bedarf nicht abgedeckt werden kann	› löst keine (unkoordinierten) Aufträge aus, die über die Zeit Mehraufwand gegenüber einem NGVM auslösen	› löst (unkoordinierten) Aufträge aus, die über die Zeit Mehraufwand gegenüber einem NGVM auslösen › Gefahr unterschiedlicher Datengrundlagen/Annahmen innerhalb des UVEK
Aufwand zur Umsetzung	› einmaliger Aufwand zur Etablierung der Elemente der Strategie; geschätzt in Personentagen	› je geringer desto vorteilhafter	› je höher desto nachteiliger
Etappierbarkeit	› Kompatibilität der Strategie zu einer gestuften Umsetzung von einzelnen Elementen in Etappen	› vorteilhaft wenn kompatibel	› nachteilig wenn nicht auf- oder abwärtskompatibel
Aufwand zum Betrieb	› jährlicher Aufwand zum Betrieb der Strategie beim VM-UVEK; geschätzt in Personentagen	› je geringer desto vorteilhafter	› je höher desto nachteiliger
Konsequenzen hinsichtlich bestehendem NGVM	› Bewertung hinsichtlich der weiteren Verwendung des bestehenden Modells	› bisherige Aufwändungen und Erkenntnisse waren nicht umsonst	› bisherige Aufwändungen und Erkenntnisse würden ungenutzt bleiben

**Tabelle 24** Übersicht zu den Kriterien und deren Bedeutung bei der Bewertung der Strategien



## 6.2.1. GÜTERVERKEHRSMODELLIERUNG WIE BIS ANHIN

### Erörterung

Im Gegensatz zu den anderen Strategien besitzt die Strategie „Modellierung wie bis anhin“ keine Komponente bezüglich einer inhaltlich-strategischen Neuausrichtung im Umgang mit güterverkehrsrelevanten Daten im VM-UVEK. Stattdessen zielt sie allein auf das Resourcing ab: Mit dieser Strategie soll das bestehende NGVM „aktiviert“ und für die Fragestellungen eingesetzt werden, für die es geeignet ist. Dazu werden entsprechende personelle und fachliche Ressourcen benötigt. Wie diese Ressourcen geschaffen werden, ist nicht Gegenstand der Strategie. Die Betreuung des NGVM umfasst dann:

- › Grundkenntnisse zum Güterverkehr und zur Modellierung desselben,
- › Kennenlernen und vollständiges Verständnis zur Modellanwendung,
- › ggf. Ergänzung/Anpassung der Funktionalität des NGVM (siehe Strategie „modularisiert“),
- › Beratung der Ämter hinsichtlich der Möglichkeiten zum Einsatz des NGVM,
- › Betreuung und Begleitung von extern durchgeführten Anwendungen,
- › Zuarbeit zur Information und Kommunikation.

Es ist empfehlenswert, dieses Aufgabenspektrum in einem Betriebskonzept festzuhalten (welche Fragestellungen werden von wem mit welchem Aufwand behandelt? Welche Prozesse sind mit der Anwendung des NGVM verbunden? Welche Rahmenbedingungen hinsichtlich Datenbedarf, Aktualisierung, Support etc. sind massgebend? Welche Zustände werden wann, wie und von wem vorgehalten resp. aktualisiert? Usw. usf.). Je nach Betriebskonzept ergibt sich dann ein mit dem Betrieb verbundener Aufwand; ohne Betriebskonzept lässt er sich nur grob auf ca. 5 Personentage im Monat resp. 50 bis 75 Personentage per annum abschätzen.

In diesem Zusammenhang wäre auch die Verbesserung der Dokumentation der eingesetzten Parameter/Variablen anzustreben. Dies dient v.a. zur Erhöhung der Transparenz und als Grundlage zur Diskussion für Variationen im Rahmen strategischer Fragestellungen resp. für Prognosezustände.

### Einschätzung

Eine Einschätzung fällt insofern schwer, als dass es keine „Vergleichswerte“ aus einem kontinuierlichen Betrieb des bestehenden NGVM gibt. Die Einschätzung der Funktionalität des NGVM lässt jedoch erwarten, dass einige Fragestellungen rund um die Modellstufen der Verkehrsmittelwahl und – eingeschränkt – der Routenwahl beantwortbar sein sollten. Die Prognosefähigkeit des bestehenden NGVM ist zwar theoretisch gegeben (betrifft v.a. die Modellstufe der Nachfrageerzeugung), wie dies jedoch praktisch umsetzbar wäre, lässt sich ebenfalls nur schwer abschätzen.

zen. Offen bleibt auch der Umgang mit den grenzüberschreitenden Verkehrsarten, welche im bestehenden Modell nicht massnahmensensitiv abgebildet werden.

Die Bedürfnisanalyse hat allerdings auch einen grossen Bedarf an Anwendungen ergeben, welche mit einem disaggregierten Modell wie dem NGVM nicht zu behandeln sind. Dies betrifft v.a. Fragestellungen mit einem Bedarf an aggregierten Daten und entsprechenden strategischen Betrachtungen. Dazu gehören insb. die *Perspektiven zum Güterverkehr* und eine Vielzahl der auf sie aufbauenden Arbeiten.

<b>EINSCHÄTZUNGEN ZUR STRATEGIE 1 (GÜTERVERKEHRSMODELLIERUNG WIE BIS ANHIN)</b>	
<b>Kriterium</b>	<b>Einschätzung</b>
Funktionalität	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Abdeckung der Fragestellungen, welche den expliziten Einsatz eines disaggregierten Modells benötigen (insb. mit feinräumlicher Abbildung von Wunschlinien und disaggregierten Modalsplit-Betrachtungen zur Ermittlung streckenspezifischer modaler Belastungswerte); betrifft v.a. Lärm-/Luftschadstoffkataster, Planungs-, Prüfungs- und Bewertungsprozesse (ZMB, UVP, NISTRA, NIBA) =&gt; jedoch mit dem Fokus auf Massnahmen, welche v.a. inländische Transportprozesse betreffen</li> <li>› externe Arbeiten können nur von VISUM-Nutzern durchgeführt werden</li> </ul>
Implikationen aus nicht abgedecktem Bedarf	<ul style="list-style-type: none"> <li>› faktisch keine Veränderung gegenüber heute</li> <li>› kein Abdecken der Fragestellungen, welche mit aggregierten Datensets bearbeitet werden könnten (nahezu vollständig Anwendungsbereich 1 Treiber, viele Teile des Anwendungsbereichs 2 Regulativ und einige Teile des Anwendungsbereichs 3 Energie und Umwelt) =&gt; externe, unkoordinierte Bearbeitung</li> <li>› keine Berücksichtigung von grenzüberschreitenden Verkehrsarten (IET)</li> <li>› Perspektiven: mit dieser Strategie im Rahmen VM-UVEK nicht abbildbar</li> </ul>
Aufwand zur Umsetzung	<ul style="list-style-type: none"> <li>› theoretisch keiner, praktischerweise wird ein verstärkter Einsatz des NGVM auch nochmals Rüstaufwand implizieren: <ul style="list-style-type: none"> <li>› angemessenes Kennenlernen des Systems</li> <li>› Aufstellung Betriebskonzept</li> <li>› zusammen ca. 30 bis 50 Personentage</li> </ul> </li> </ul>
Etappierbarkeit	› allenfalls abwärtskompatibel zur Strategie „light 2“, sachlogischer und wohl auch ressourceneffizienter wäre jedoch eine umgekehrte Vorgehensweise
Aufwand zum Betrieb	<ul style="list-style-type: none"> <li>› je nach Betriebskonzept</li> <li>› 50 bis 75 Personentage p.a.</li> </ul>
Konsequenzen hinsichtlich bestehendem NGVM	› das bestehende NGVM wird vollumfänglich, sprich: deutlich mehr als heute, genutzt

**Tabelle 25** Übersicht mit Einschätzungen zur Strategie 1 (Güterverkehrsmodellierung wie bis anhin)

## 6.2.2. GÜTERVERKEHRSMODELLIERUNG LIGHT 1

### Erörterung

Die Strategie „light 1“ stellt sicher, dass beim VM-UVEK eine Mindestkompetenz zum Thema Güterverkehr verbleibt. Kernpunkt ist das Vorhalten und Pflegen eines Datensets, welches ein Grossteil der Fragestellungen in den Anwendungsbereichen 1 bis 3 (Treiber, Regulativ, Energie und Umwelt) zumindest unterstützen kann.

Dies impliziert, dass beim VM-UVEK Ressourcen geschaffen werden, mit denen eine koordinierende Funktion für die güterverkehrsrelevanten Daten sichergestellt werden kann. In erster Annäherung lässt sich abschätzen, dass diese eher mit Betreuungs-Charakter verbundene Funktion zwischen 2 und 3 Personentage pro Monat resp. 20 bis 40 Personentage per annum erfordert (exkl. Konzeption und Aufstellung des Datensets).

Mit dieser Strategie wird – zumindest vorerst – auf die Verwendung des bestehenden NGVM verzichtet; faktisch wird das NGVM damit „auf die Seite gelegt“.

Die Aufgaben besteht darin, ein Daten-Set vorzuhalten, welches in etwa dem der Perspektiven zum Güterverkehr entspricht. Ziel soll sein, dass mit diesem Datenset ein Grossteil der eher übergeordneten Fragestellungen aus den Anwendungsbereichen 1 bis 3 (Treiber, Regulativ, Energie und Umwelt) beantwortet oder doch zumindest unterstützt werden kann. Es geht um:

- › retro- und prospektive<sup>30</sup> Zeitreihen von
  - › Aufkommen, Fahr- und Verkehrsleistung,
  - › ableitbaren Kenngrössen wie bspw. Auslastungen, Transportweiten,
- › Strukturen bei
  - › Verkehrsarten, Warengruppen, Modi, Grossregionen/Länder,
  - › Transportmittel (Typen/Aufbauten<sup>31</sup>, Schadstoffklassen, Produktionssysteme Bahn etc.),
- › Zählwerte resp. Netz(korridor)belastungen.

Darüber hinaus ist es empfehlenswert, auch Daten zu quantifizierbaren Treibern vorzuhalten. Dies betrifft v.a. sozioökonomische Zeitreihen, wie Bevölkerung, Erwerbstätigkeit, BIP, Aussenhandel. Vorzusehen wäre auch, allfällige Daten-Revisionen nachvollziehen zu können, indem entsprechende Versionen geführt resp. archiviert werden.

<sup>30</sup> Prospektive Daten müssen aus externen Arbeiten stammen, bspw. aus den, wie dann auch immer zu erstellenden, Perspektiven.

<sup>31</sup> Inwiefern hier auch Daten zum Lieferwagenverkehr berücksichtigt werden, ist von der dann relevanten Datenlage (siehe laufende Erhebung des BFS) und auch vom Aufwand resp. dem zur Verfügung stehenden Budget abhängig zu machen – per se ausgeschlossen aber ist der Lieferwagenverkehr nicht.

Dieses Daten-Clearing steht nicht in Konkurrenz zu den Aufgaben des BFS und der Güterverkehrsstatistik. Im Gegenteil: Es ist auf den Input des BFS angewiesen. Es stellt die Daten zusammen (bspw. durch regelmässige Aktualisierung nach Information vom BFS) und hält sie in einer strukturierten/standardisierten und kommentierten/bebilderten Form vor (Excel/Access), mit der sie ohne grösseren Aufwand an interessierte Stellen – ggf. auch auszugsweise – abgegeben werden können. Gleichzeitig ist das VM-UVEK resp. die Sektion Grundlagen mit dem Daten-Clearing in der Lage, diese Anfragen fachlich adäquat begleiten und allenfalls Hinweise zu den Daten geben zu können.

Die Strategie „light 1“ besitzt eine enge Verzahnung zur Information und Kommunikation. Die Kommunikation ist zwingend mit dem BFS und auf die bestehende Aufgabenteilung abzustimmen (Details siehe unter Vorgehen zur Kommunikation im Abschnitt 6.2.7).

### **Einschätzung**

Die Strategie „light 1“ wäre eine Vorstufe zur Strategie „light 2“. Nur für sich betrachtet stellt sie mit dem Datenset v.a. ein Instrument zur Unterstützung von Information und Kommunikation dar. Mit ihr könnte aber bereits auch eine Vielzahl an Fragestellungen aus den Anwendungsbereichen 1 bis 3 (Treiber, Regulativ, Energie und Umwelt), zwar nicht umfassend bearbeitet, jedoch mindestens unterstützt werden. Gleichzeitig ist sie die erste Vorstufe einer allfälligen etappiert umzusetzenden „modularisierten“ Strategie.

Mit der Strategie „light 1“ würden minimale Voraussetzungen geschaffen, um den *Perspektiven zum Güterverkehr* ein geeignetes Datenset zur Verfügung stellen zu können und gleichzeitig die Resultate von prospektiven Arbeiten (Perspektiven) vorhalten zu können.

<b>EINSCHÄTZUNGEN ZUR STRATEGIE 2 (GÜTERVERKEHRSMODELLIERUNG LIGHT 1)</b>	
<b>Kriterium</b>	<b>Einschätzung</b>
Funktionalität	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Abdeckung eines Teils der Fragestellungen, zu denen aggregierte Datensets Informationen liefern können (einige Teile im Anwendungsbereich 1 Treiber, einige Teile des Anwendungsbereichs 2 Regulativ und einige wenige Teile des Anwendungsbereichs 3 Energie und Umwelt)</li> <li>› Perspektiven: zumindest das Datenset wäre vorhanden</li> <li>› keine Abdeckung von Fragestellungen, welche strategische Komponenten enthalten</li> <li>› keine Abdeckung der Fragestellungen, welche den expliziten Einsatz eines disaggregierten Modells benötigen (insb. mit feinräumlicher Abbildung von Wunschlinien und disaggregierten Modalsplit-Betrachtungen zur Ermittlung streckenspezifischer modaler Belastungswerte)</li> </ul>
Implikationen aus nicht abgedecktem Bedarf	<ul style="list-style-type: none"> <li>› strategisch orientierte Fragestellungen mit dem Bedarf nach aggregierten Modellen müssten weiterhin extern und individuell beauftragt werden</li> <li>› Perspektivarbeiten und insb. Fragen der Sensitivität dazu sind zwingend extern zu beauftragen</li> <li>› Fragestellungen mit dem Bedarf an streckenspezifischen modalen Belastungen müssten weiterhin über Hilfskonstrukte (d.h. vielfach mit Personenverkehrsmodellen oder Hochrechnungen von Zählwerten) arbeiten</li> <li>› betrifft v.a.: Lärm-/Luftschadstoffkataster, Planungs-, Prüfungs- und Bewertungsprozesse (ZMB, UVP, NISTRA, NIBA)</li> </ul>
Aufwand zur Umsetzung	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Etablierung Daten-Set (Pflichtenheft, Koordination mit BFS und zur Kommunikation, Zusammenstellung Datenset, Aufstellung Leitfaden/Kommentierung =&gt; ca. 20 bis 30 Personentage</li> </ul>
Etappierbarkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>› sehr gut geeignet, indem dies die 1. Stufe vor der Strategie „light 2“ sein könnte und eine Vorstufe zur Strategie „modularisiert“</li> </ul>
Aufwand zum Betrieb	<ul style="list-style-type: none"> <li>› 20 bis 40 Personentage p.a. (Datenpflege, Kontakt BFS, Betreuung von Anfragen, Koordination mit der Kommunikation/Information)</li> </ul>
Konsequenzen hinsichtlich bestehendem NGVM	<ul style="list-style-type: none"> <li>› das bestehende NGVM bleibt vorerst inaktiv</li> <li>› aber: es wäre nicht per se abzuschreiben, da es allenfalls im Rahmen der auf diese Strategie aufbauenden Strategie „modularisiert“ von den Datensets und Outputs aggregierter Modelle profitieren kann</li> </ul>

**Tabelle 26** Übersicht mit Einschätzungen zur Strategie 2 (Güterverkehrsmodellierung light 1)

### 6.2.3. GÜTERVERKEHRSMODELLIERUNG LIGHT 2

#### Erörterung

Die Strategie „light 2“ beinhaltet die vorgelagerte Strategie „light 1“ und erweitert diese um eine Modellkomponente mit aggregierter Sichtweise. Faktisch wird das in der Strategie „light 1“ etablierte Datenset strategisch orientierten Fragestellungen zugänglich gemacht.

Auch mit dieser Strategie wird – zumindest vorerst – auf die Verwendung des bestehenden NGVM verzichtet. Ziel dieser Strategie ist es, Fragestellungen zum Güterverkehr behandeln zu können, welche sich mit Daten und aggregierten Methoden beantworten lassen. Erst in Verbindung einer allfälligen „modularisierten“ Strategie würde das bestehende NGVM einbezogen – dazu ist die Strategie „light 2“ als zwingende Vorstufe notwendig.

Dies impliziert, dass beim VM-UVEK Ressourcen geschaffen werden, mit denen a) eine koordinierende Funktion für die güterverkehrsrelevanten Daten sichergestellt wird und b) die Betreuung entsprechender Modelle erfolgen kann. In erster Annäherung lässt sich abschätzen, dass diese eher mit Betreuungs-Charakter verbundene Funktion zwischen 2 und 4 Personentage pro Monat resp. 20 bis 50 Personentage per annum erfordert (exkl. Entwicklung).

Die Aufgaben zum Vorhalten des **Datensets** sind die gleichen wie in der Strategie „light 1“; die Differenzierung des Sets orientiert sich ebenfalls daran.

Die **Modellierung mit aggregierten Methoden** sollte in der Lage sein, einfache Fragestellungen in den Bereichen Nachfrageerzeugung und Zielwahl sowie allenfalls noch zur (stark aggregierten) Verkehrsmittelwahl bearbeiten zu können. Dies betrifft insb. Sensitivitäten auf vorhandene Prognosen/Perspektiven (bspw. infolge der Aktualisierung der Bevölkerungsszenarien) bis hin zur Erstellung des quantitativen Sets der Perspektiven selbst. Ebenso denkbar sind Sensitivitäten auf unterschiedliche Entwicklungen in einzelnen Branchen resp. Warengruppen. Im Ergebnis sollten die Modelle mit dem oben angesprochenen Datenset (aus der Strategie light 1) operieren können. Mit Blick auf die Zielwahl resp. die räumliche Differenzierung wären kleinere, d.h. grob-räumliche Wunschlinien-Matrizen bspw. auf der Ebene der Grossregionen oder von Länderverflechtungen einzubeziehen.

Da es für solche Methoden keine standardisierten Applikationen gibt, kann die Umsetzung bspw. auf der Basis von Standardprogramme wie Microsoft Excel oder Access erfolgen.<sup>32</sup> Funktional werden sich diese Modelle im Bereich der Nachfrageerzeugung auf die Methoden der *Treibermodelle*, *Transportintensitäten* und *Regressionsmodelle* abstützen müssen. Zur Zielwahl können *Gravitationsmodelle* und *Input-Output-Tabellen* verwendet werden. Die Möglichkeiten

<sup>32</sup> Vielfach sind solche Modelle auch als „Tischmodelle“ bekannt.

zur Verkehrsmittelwahl sind methodisch auf der aggregierten Ebene eher eingeschränkter Natur – denkbar wären qualitativ basierte „Modelle“ (einstellbare splits, ggf. mit Experten-Befragungen erfasst => Delphi) oder stark vereinfachte Methoden aus dem Bereich der *Elastizitätsmodelle* oder der *Probit-/Logit-Modelle*.

Beispiele solcher Verfahren finden sich in den bestehenden *Perspektiven zum Güterverkehr* hinterlegten Methodik (Intensitäts- und Regressionsmodelle). In Anlehnung daran wurde in *VÖV 2012*<sup>33</sup> mit branchen- und warengruppenspezifischen Intensitätsmodellen eine regionale Nachfrage nach Verkehrsarten erzeugt und mit stark vereinfachten Regressionsmodellen auf die Modi aufgeteilt. In *BAV 2012b/c*<sup>34</sup> wurden bestehende Wunschlinien-Matrizen auf Basis der Erhebungen zum AQGV in ein multinomiales Logit-Modell zur simultanen Verkehrsmittel- und Routenwahl (auf der Basis eines vereinfachten multimodalen Netzmodells) eingespielen; im Ergebnis waren modale Korridorbelastungen als Sensitivitäten auf Veränderungen der Kosten- und Angebotsstrukturen ablesbar.

Der Grad der Aggregation muss sich im Mindesten an den bestehenden Perspektivarbeiten orientieren. Die oben aufgeführten vertiefenden Arbeiten bspw. sind darüber hinaus gegangen. Aus fachlicher Sicht erscheint folgende Aggregation sinnvoll:

- › vier Verkehrsarten (Binnen, Import, Export, Transit),
- › sieben Schweizer Grossregionen sowie wichtige Handelspartner auf Länderebene, ggf. auch in Verflechtungsform,
- › höchstens 20 NST-Abteilungen, allenfalls sogar auf 10 Gruppen zusammengefasst (insb. die Sammelgruppen 15 bis 20 bieten sich hierzu an), dazu möglichst ein Bezug zu Branchen (bspw. auf Abteilungsebene nach NOGA)
- › Berücksichtigung von vier Landverkehrsträgern (Strasse, Schiene, Rhein, Rohrfernleitung); hier sind allerdings weitere Disaggregationen denkbar (Produktionsformen Schiene WLV, UKV, ROLA; oder Fahrzeugsegmente bei den schweren Nutzfahrzeugen<sup>35</sup>).

Wichtig ist, dass sich die Aggregation an den aus der Statistik bekannten Aggregaten orientiert; Zwischenlösungen sind nicht zu empfehlen, da dann die Gefahr besteht, für einen Teil der Daten über keine Grundlagen zu verfügen und die Kompatibilität zwischen den einzelnen Datensätzen nur schwer herstellbar ist.

Dieser Vorschlag ist jedoch nicht abschliessend. In Abstimmung auf die potenziell zur Verfügung stehenden Modelle und der Datenlage ist es allenfalls einem Ideenwettbewerb zu überlassen, welche Aggregationen oder allenfalls Disaggregationen sinnvoll sind. Gleichzeitig generiert sich der Grad der Aggregation aus den Anforderungen des Bundes an die Perspektivarbeiten – ein solches Pflichtenheft ist jedoch nicht Gegenstand der vorliegenden Arbeit.

## Einschätzung

Die Strategie „light 2“ wäre eine gute Ergänzung zur Strategie „light 1“. Mit ihr könnte eine Vielzahl an Fragestellungen aus den Anwendungsbereichen 1 bis 3 (Treiber, Regulativ, Energie und

<sup>33</sup> Verband öffentlicher Verkehr: Marktanalyse und Marktprognose zum Schienengüterverkehr 2030.

<sup>34</sup> Bundesamt für Verkehr: Auswirkungen der Fertigstellung der NEAT auf die Erreichung des Verlagerungsziels im Güterverkehr.

<sup>35</sup> Auch hier gilt das bereits zur Strategie „light 1“ Angemerkte: per se ausgeschlossen ist der Lieferwagenverkehr nicht und je nach Datenlage, Aufwand und Budget kann er auch Bestandteil eines aggregierten Modells sein.

Umwelt) bearbeitet werden. Gleichzeitig ist sie, nach der Strategie „light 1“, die zweite Vorstufe einer allfälligen, etappiert umzusetzenden „modularisierten“ Strategie.

Die Umsetzung der Strategie benötigt einen gewissen Hang zum Pragmatismus – der Anspruch an (zu) disaggregierte Modelle ist hier (vorerst) zurückzustellen. Vorteil der aggregierten Modelle ist jedoch, dass sie i.d.R. eine höhere Akzeptanz besitzen, da sie weniger intransparent resp. deutlich einfacher nachvollziehbar sind – insb. für ein eher breiter gestreutes Publikum. Die Strategie „light 2“ wäre als Vorstufe für die Strategie der Modularisierung geeignet, bedingt diese jedoch nicht.

Mit der Strategie „light 2“ würden aus Sicht VM-UVEK die besten Voraussetzungen geschaffen werden, um die *Perspektiven zum Güterverkehr* erstellen und „betreiben“ (d.h. eine einmal erstellte Version aktiv während ihrer Einsatzzeit betreuen) zu können; weitere Details zum Umgang mit den Perspektiven sind weiter unten im Kapitel 6.2.6 enthalten.

<b>EINSCHÄTZUNGEN ZUR STRATEGIE 3 (GÜTERVERKEHRSMODELLIERUNG LIGHT 2)</b>	
<b>Kriterium</b>	<b>Einschätzung</b>
Funktionalität	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Abdeckung der Fragestellungen, welche mit aggregierten Datensets bearbeitet werden können (nahezu vollständig Anwendungsbereich 1 Treiber, viele Teile des Anwendungsbereichs 2 Regulativ und einige Teile des Anwendungsbereichs 3 Energie und Umwelt)</li> <li>› Perspektiven: ist mit dieser Strategie im Rahmen VM-UVEK abbildbar</li> <li>› keine Abdecken der Fragestellungen, welche den expliziten Einsatz eines disaggregierten Modells benötigen (insb. mit feinräumlicher Abbildung von Wunschlinien und disaggregierten Modalsplit-Betrachtungen zur Ermittlung streckenspezifischer modaler Belastungswerte)</li> </ul>
Implikationen aus nicht abgedecktem Bedarf	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Fragestellungen mit dem Bedarf an streckenspezifischen modalen Belastungen müssten weiterhin über Hilfskonstrukte (d.h. vielfach mit Personenverkehrsmodellen oder Hochrechnungen von Zählwerten) arbeiten</li> <li>› betrifft v.a.: Lärm-/Luftschadstoffkataster, Planungs-, Prüfungs- und Bewertungsprozesse (ZMB, UVP, NISTRA, NIBA)</li> </ul>
Aufwand zur Umsetzung	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Voraussetzung ist „light 1“ mit: Etablierung Daten-Set (Pflichtenheft, Koordination mit BFS und zur Kommunikation, Zusammenstellung, Aufstellung Leitfaden/Kommentierung) =&gt; ca. 20 bis 30 Personentage</li> <li>› neu in „light 2“ wäre: Etablierung aggregiertes Modell (Pflichtenheft, Koordination zur Kommunikation, Aufbau des Modells, Verifizierung, Aufstellung Leitfaden/Anleitung) =&gt; ca. 30 bis 50 Personentage (ist zuzüglich zum Daten-Clearing zu verstehen)</li> <li>› d.h. in Summe : ca. 50 bis 80 Personentage</li> </ul>
Etappierbarkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>› sehr gut geeignet, indem dies die 2. Stufe nach der Strategie „light 1“ sein könnte und eine Vorstufe zur Strategie „modularisiert“</li> </ul>
Aufwand zum Betrieb	<ul style="list-style-type: none"> <li>› 20 bis 50 Personentage p.a. (Datenpflege, Kontakt BFS, Betreuung von Anfragen, Betreuung und Begleitung des aggregierten Modells)</li> <li>=&gt; umfasst Aufwand zu „light 1“ inkl. allfälliger Skaleneffekte</li> </ul>
Konsequenzen hinsichtlich bestehendem NGVM	<ul style="list-style-type: none"> <li>› das bestehende NGVM bleibt vorerst inaktiv</li> <li>› aber: es wäre nicht per se abzuschreiben, da es allenfalls im Rahmen der auf diese Strategie aufbauenden Strategie „modularisiert“ von den Datensets und Outputs des aggregierten Modells profitieren kann</li> </ul>

**Tabelle 27** Übersicht mit Einschätzungen zur Strategie 3 (Güterverkehrsmodellierung light 2)



## 6.2.4. GÜTERVERKEHRSMODELLIERUNG MODULARISIERT

### Erörterung

Die Strategie der Modularisierung besteht aus einer Kombination von Elementen aus anderen Strategien. Ziel ist es, aggregierte Methoden mit disaggregierten Modellen zusammenzubringen. Konkret bedeutet dies, die Daten und Modelle der Strategie „light 2“ den Modellstufen zur Verkehrsnachfrage und Zielwahl als Input zur Verfügung zu stellen, und dann auf disaggregierter Ebene die Verkehrsmittel- und Routenwahl mit dem bestehenden NGVM durchzuführen und allenfalls diese Modellkomponenten noch zu optimieren.

Denkbar wäre, mit der Strategie „light 1“ zu starten, diese dann in die Strategie „light 2“ zu überführen (d.h. die entspr. Modellkomponenten hinzuzufügen) und abschliessend mit dem NGVM zu verknüpfen. Die Optimierung des NGVM bleibt davon unberührt und kann ggf. später in einer nächsten Stufe erfolgen.

Die **Schnittstelle** zwischen aggregierten Modellen und dem bestehenden NGVM besteht darin, dass der Output der aggregierten Modelle zur Kalibration der entsprechenden Modellstufen im NGVM verwendet wird. Im Nachfragemodul des NGVM sind die 118 Gutarten den entsprechenden Warengruppen nach den aggregierten Modellen zuzuteilen. Allfällige regionale Aggregate geben die entsprechenden räumlichen Unterschiede vor; dies betrifft dann auch relationale Eckwerte, welche auf die Wunschlinien-Struktur des NGVM zu übertragen sind.

Inwiefern modale Aggregate als Eckwerte in das NGVM einfließen sollen, ist von der jeweiligen Fragestellung abhängig zu machen. Es scheint jedoch empfehlenswert, auch diese Schnittstelle vorzusehen, so dass dann bspw. eine aggregiert ermittelte, aus top down-Sicht plausibilisierte Nachfragemenge im Strassengüterverkehr auf die einzelnen, strassenrelevanten Logistik-Systeme bezogen werden kann. Ggf. müssten dann für solche Fälle im NGVM die bahnrelevanten Systembestandteile mit entspr. Kenngrössen als nicht ansprechbar attribuiert werden.

Zur Operationalisierung der Schnittstelle ist eine entsprechende Applikation aufzubauen. Durch den Aufbau des bestehenden NGVM mit seiner Excel-basierten Steuerungsdatei sollte dies jedoch mit Hilfe entsprechender Excel-Schnittstellen unproblematisch möglich sein.

Eine weitere Schnittstelle besteht hinsichtlich der Umlegung der Bahn-Matrix resp. der zugehörigen, produktionsspezifischen Matrizen. Wenn hierzu das Modell NEMO bei der SBB Infrastruktur benutzt werden soll, dann ist diese Schnittstelle technisch und organisatorisch zu konkretisieren.

Die **Optimierung** des bestehenden NGVM besitzt zwei Blickwinkel: Zum einen die Modellstufen, welche nach der oben beschriebenen Strategie ihre Eckwerte vorgegeben bekommen. Zum ande-

ren die Modellstufen, welche entsprechend disaggregierte Daten einsetzen (insb. Verkehrsmittelwahl); dazu zählt dann ggf. auch die Vervollständigung des Routings für den Strassengüterverkehr. Bei den Modellstufen zur Nachfrageerzeugung und Zielwahl bestünde ein erster Optimierungsschritt darin, die Parameter (innerhalb plausibler Grenzen) so verändern zu können, dass sie die Eckwerte nachvollziehbar treffen. Damit würde ein „hartes“ Vorgeben innerhalb der Schnittstelle nicht mehr nötig sein. Zur Optimierung ist auch die Thematik der grenzüberschreitenden Relationen einzubeziehen, so dass das NGVM in der Lage ist, die entsprechenden Aggregate in disaggregierte Wunschlinien umzusetzen und mind. im Rahmen des Routing massnahmensensitiv zu berücksichtigen.

Zur Optimierung (resp. Ergänzung) der Routenwahlfunktionalität sollte für die Strasse das bestehende Modell genügen. Zu Umlegungsrechnungen auf dem Schienennetz ist eine Kooperation mit der SBB Infrastruktur anzustreben. Hierzu sind durch das ARE Prognosedaten aus dem NGVM für die Schienenverkehrsnachfrage zur Verfügung zu stellen, die dann von SBB Infrastruktur mit ihrem Programmsystem NEMO auf das Netz umgelegt werden.

Es ist sicher empfehlenswert, nach Umsetzung der ersten Verknüpfung zwischen aggregierten Modellen und dem NGVM sowie nach ersten Anwendungserfahrungen ein Review vorzunehmen. Daraus liesse sich dann deutlich besser abschätzen, ob die ersten beiden Modellstufen des NGVM entweder (in Anpassung auf die aggregierten Inputs) vereinfacht oder so verbessert werden, dass sie „unabhängig“ von den aggregierten Modellen vergleichbare Resultate generieren. Die zur Verbesserung der beiden Modellstufen notwendigen Vorgaben lassen sich aus heutiger Sicht nicht exakt absehen.

Der **Aufwand** zu Umsetzung und Betrieb dieser Strategie generiert sich aus dem der Strategie „light 2“ und ist um entsprechende Zusatzarbeiten auszudehnen. Die Ressourcen nach der Strategie „light 2“ sind so auszudehnen, dass die betreffende Stelle in die Lage versetzt wird, das bestehende NGVM anwenden zu können. Aus diesem Kenntnisstand heraus ist dann absehbar, wie eine Schnittstelle umzusetzen wäre (Pflichtenheft). Faktisch würde dies bedeuten, dass die Ressourcen der Strategie „light 2“ im ersten Betriebsjahr um die der Strategie „wie bis anhin“ erweitert würden. Nach der Etablierung der Modularisierung würde sich der Betriebsaufwand wieder reduzieren; er ist aus heutiger Sicht mit ca. 6 bis 10 Personentage im Monat resp. 70 bis 120 Personentage per annum abzuschätzen.

Auch für diese Strategie empfiehlt sich die Aufstellung eines Betriebskonzeptes, insb. um die Aufgabenteilung zwischen den aggregierten Modellen und dem Einsatz des NGVM zu präzisieren. Andernfalls besteht eine gewisse Verzettelungsgefahr, die den in der Strategie „light 2“ zwingend notwendigen Pragmatismus vergessen gehen lassen könnte.

### Einschätzung

Diese Strategie würde ein Grossteil der mit der Bedürfnisanalyse erfassten Fragestellungen abdecken. Allerdings ist der Aufwand für sich besehen durchaus bedeutend. Er relativiert sich jedoch, wenn die Stufigkeit bei der Umsetzung in Betracht gezogen wird. Ausgehend von den Strategien „light 1“ und „light 2“ könnte das bestehende NGVM doch noch eingesetzt werden.

<b>EINSCHÄTZUNGEN ZUR STRATEGIE 4 (GÜTERVERKEHRSMODELLIERUNG MODULARISIERT)</b>	
<b>Kriterium</b>	<b>Einschätzung</b>
Funktionalität	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Abdeckung der Fragestellungen, welche mit aggregierten Datensets bearbeitet werden können (nahezu vollständig Anwendungsbereich 1 Treiber, viele Teile des Anwendungsbereichs 2 Regulativ und einige Teile des Anwendungsbereichs 3 Energie und Umwelt)</li> <li>› Abdeckung der Fragestellungen, welche den expliziten Einsatz eines disaggregierten Modells insb. zur Ermittlung streckenspezifischer modaler Belastungswerte benötigen (Lärm-/Luftschadstoffkataster, Planungs-, Prüfungs- und Bewertungsprozesse (ZMB, UVP, NISTRAS, NIBA))</li> <li>› Perspektiven: ist mit dieser Strategie im Rahmen VM-UVEK abbildbar</li> <li>› externe Arbeiten im Rahmen disaggregierter Anwendungen können jedoch nur von VISUM-Nutzern durchgeführt werden</li> </ul>
Implikationen aus nicht abgedecktem Bedarf	<ul style="list-style-type: none"> <li>› offen bleiben Spezialanwendungen mit zu hohen Anforderungen an den Grad der Differenzierung des Outputs (bspw. knotenspezifische Belastungen oder Belastungen für detaillierte Teilnetze =&gt; hier kann das NGVM dennoch Input liefern und durch Externe wären dann, den Fragestellungen angemessene, Modellanpassungen vorzunehmen (Ausschneiden, Verfeinern, ggf. Mikrosimulationen)</li> </ul>
Aufwand zur Umsetzung	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Voraussetzung sind die „light 1“ und „light 2“ mit: <ul style="list-style-type: none"> <li>› Etablierung Daten-Set (Pflichtenheft, Koordination mit BFS und zur Kommunikation, Zusammenstellung Datenset, Aufstellung Leitfaden/Kommentierung) =&gt; ca. 20 bis 30 Personentage</li> <li>› Etablierung aggregiertes Modell (Pflichtenheft, Koordination zur Kommunikation, Aufbau des Modells, Verifizierung, Aufstellung Leitfaden/Anleitung) =&gt; ca. 30 bis 50 Personentage</li> </ul> </li> <li>› in „modularisiert“ kämen dazu: <ul style="list-style-type: none"> <li>› Aufbau der Schnittstelle zw. aggregiertem Modell und NGVM (Pflichtenheft, Umsetzung, Verifizierung) =&gt; ca. 50 bis 70 Personentage</li> <li>› weitere Optimierungen im Rahmen des bestehenden NGVM =&gt; noch nicht abschätzbar</li> </ul> </li> </ul>
Etappierbarkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>› sehr gut, da auf anderen Strategien aufbauend</li> </ul>
Aufwand zum Betrieb	<ul style="list-style-type: none"> <li>› 80 bis 120 Personentage p.a. (Datenpflege, Kontakt BFS, Betreuung von Anfragen, Betreuung des aggregierten Modells, Betreuung des bestehenden NGVM) =&gt; inkl. dem Aufwand aus „light 1“ resp. „light 2“ und allfälliger Skaleneffekte</li> </ul>
Konsequenzen hinsichtlich bestehendem NGVM	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Einsatz des bestehenden NGVM in Teilen</li> <li>› ggf. spätere Optimierung</li> </ul>

**Tabelle 28** Übersicht mit Einschätzungen zur Strategie 4 (Güterverkehrsmodellierung modularisiert)

### 6.2.5. GESAMTEINSCHÄTZUNG

Es zeichnet sich ab, dass eine für Modularisierungen geeignete, gestuft umsetzbare Vorgehensweise einige Vorteile aufweist: Die (komplexe) Thematik des Güterverkehrs kann im Rahmen VM-UVEK Stück für Stück „erobert“ werden. Dabei lassen sich zwischen den einzelnen Stufen Reviews einlegen, die einer allfälligen Nachjustierung der nachfolgenden Strategiestufen dienlich sein können. Die abgedeckten Bereiche des Bedarfs würden ebenfalls Stück für Stück erweitert. Und darüber hinaus wäre das bestehende NGVM nicht vollständig abzuschreiben.

Festzuhalten ist jedoch auch, dass zur Umsetzung dieser Strategien die personellen und fachlichen Ressourcen im Bereich der nationalen Güterverkehrsmodellierung gegenüber heute aufzustocken wären. Für eine konsequente Umsetzung der Bedürfnisse mit einer dazu geeigneten modularisierten Strategie werden entsprechende Betreuungsaufwendungen in Höhe von bis zu 100 Personentagen erforderlich sein.

<b>VERGLEICH DER STRATEGIEN</b>		
<b>Strategie</b>	<b>Vorteile</b>	<b>Nachteile</b>
<p>wie bis anhin</p> <p>Erstellung: 30-50 PT</p> <p>Betrieb: 50-75 PT</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>› bisherige Arbeiten und Erkenntnisse zum NGVM waren nicht umsonst</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>› deckt mit vergleichsweise hohem Aufwand einen nur geringen Teil des Bedarfs ab</li> <li>› Perspektivarbeiten sind nicht angemessen durchzuführen, ebensowenig wie übergeordnete Fragestellungen</li> <li>› es bleibt bei den Mängeln des NGVM (Komplexität, Ressourcing, know-how-Bedarf, keine Betrachtung von Import, Export, Transit und Teilen des Schienengüterverkehrs)</li> </ul>
<p>light 1</p> <p>Erstellung: 20-30 PT</p> <p>Betrieb: 20-40 PT</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>› kann einen gewissen Bedarf an grundlegenden, nicht modellierten Daten aus Sicht VM-UVEK bereitstellen (v.a. in den Anwendungsbereichen Treiber, Regulativ)</li> <li>› Vorstufe eines etappierten Vorgehens für „light 2“ und „modularisiert“</li> <li>› vergleichsweise geringer Aufwand für Etablierung und Betrieb</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>› keine Modellierung (zumindest nicht inhouse)</li> <li>› sämtliche strategisch orientierten Fragestellungen blieben unbeantwortet resp. müssten (mit entspr. Aufwendungen und UVEK-intern mit begleitender Koordination) extern bearbeitet werden</li> <li>› Fragen rund um die Perspektivarbeiten wären weiterhin extern zu beantworten</li> </ul>
<p>light 2</p> <p>Erstellung: 50-80 PT</p> <p>Betrieb: 20-50 PT</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>› deckt Bedarf für übergeordnete Fragestellungen ab (Anwendungsbereiche Treiber, Regulativ und tlw. bei Energie und Umwelt)</li> <li>› Fragen/Sensitivitäten zu den Perspektivarbeiten wären unkompliziert bearbeitbar</li> <li>› durch das integrierte Datenset aus „light 1“ gute Grundlage zur Information und Kommunikation</li> <li>› als zweite Etappe Vorstufe für ein etappiertes Vorgehen zur „modularisierten“ Strategie und damit einer späteren Einbindung des bestehenden NGVM</li> <li>› gut geeignete Stufe, um den internen know-how-Aufbau zu unterstützen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>› keine Beantwortung von speziellen Fragestellungen mit disaggregierten Blickwinkeln (Anwendungsbereiche Infrastruktur und tlw. Energie und Umwelt)</li> <li>› bestehendes NGVM würde (vorerst noch) ungenutzt bleiben</li> <li>› mittlerer Investitionsbedarf</li> </ul>
<p>modularisiert</p> <p>Erstellung: 100-150 PT</p> <p>Betrieb: 80-120 PT</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>› deckt Bedarf für übergeordnete Fragestellungen ab (Anwendungsbereiche Treiber, Regulativ und tlw. bei Energie und Umwelt)</li> <li>› Fragen/Sensitivitäten zu den Perspektivarbeiten wären unkompliziert bearbeitbar</li> <li>› deckt Bedarf für spezielle Fragestellungen grösstenteils ab – je nach Optimierung des bestehenden NGVM (betrifft die Anwendungsbereiche Infrastrukturen und tlw. Energie und Umwelt)</li> <li>› das bestehende NGVM würde weitergeführt, sprich: nicht ungenutzt bleiben</li> <li>› etappierbar (dritte Etappe nach „light 1/2“)</li> <li>› durch das integrierte Datenset aus „light 1“ gute Grundlage zur Information und Kommunikation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>› vergleichsweise höchster Aufwand für Etablierung und Betrieb; benötigt Ressourcen und know-how im Rahmen VM-UVEK</li> <li>› aus heutiger Sicht bleiben gewisse Unsicherheiten bei der Optimierung des NGVM hinsichtlich Machbarkeit und Aufwand</li> </ul>

Tabelle 29 Vergleichende Übersicht zu den Strategien

## 6.2.6. VERTIEFUNG ZU DEN PERSPEKTIVEN ZUM GÜTERVERKEHR

Mit der Vertiefung zu den *Perspektiven des schweizerischen Güterverkehrs* soll explizit der Umgang mit dieser Arbeit im Zusammenhang mit einer nationalen Güterverkehrsmodellierung betrachtet werden. Die vorliegenden *Perspektiven zum Güterverkehr* wurden im Jahr 2003 erstellt und 2004 publiziert (ARE 2004)<sup>36</sup>; sie basieren auf einem Datenset aus den Jahren 2002 und davor.

Damit sind die Perspektiven zu einem Zeitpunkt erstellt worden, zu dem es noch keine nationale Güterverkehrsmodellierung im heute verstandenen Sinne gab. Es stellt sich daher die Frage, ob und allenfalls wie die Perspektiven in eine nationale Güterverkehrsmodellierung einzubinden wären und wie dazu in Abstimmung auf die Strategien vorgegangen werden könnte.

### Funktion und Inhalt der Perspektiven

Die *Perspektiven des schweizerischen Güterverkehrs* sollen eine Vorstellung über die künftige Entwicklung des Güterverkehrs geben. Dies beinhaltet sowohl qualitative wie auch quantitative Aussagen. Sie sind vergleichbar mit den ähnlich gelagerten *Perspektiven zum Personenverkehr*. Zusammen geben beide ein Bild darüber ab, wie sich die Gesamtverkehrssituation langfristig gesehen entwickeln kann, und welche Treiber hinter diesen Entwicklungen stehen.

Die *Perspektiven zum Güterverkehr* beinhalten quantitative Aussagen entsprechend der nachfolgend dargestellten Differenzierung:

DATENDIFFERENZIERUNG IN DEN PERSPEKTIVEN	
Differenzierungen	Ausprägung
Betrachtungsgegenstand	› Aufkommen in Tonnen › Leistung in Tonnen-Kilometer
Modi	› Strasse (Schwerverkehr, d.h. exkl. Lieferwagen) › Schiene
Verkehrsarten	› Binnen › Import › Export › Transit } mit Bezug zur Schweiz (Landesebene)
Relationen	› keine ausserhalb der Verkehrsarten
Warengruppen	› berichtet: keine › methodisch berücksichtigt: 10 NST/R-Abteilungen (entspr. heute 20 NST)
Zeitbezug	› Zeitreihen › retrospektiv 1998 bis 2002 › prospektiv in 5-Jahresschritten 2005 bis 2030

**Tabelle 30** Übersicht zu den mit den Perspektivarbeiten verbundenen Datendifferenzierungen

<sup>36</sup> Zwischenzeitlich wurden die Perspektiven im Rahmen der Arbeiten zum *Strategischen Entwicklungsprogramm Bahninfrastruktur (STEP)* anlässlich des Ausbauschnitts 2025 einer Sensitivitätsanalyse unterzogen (BAV 2008). Eine Aktualisierung der übergeordneten Entwicklungen – sozusagen aus top down-Sicht – auf die Bevölkerungsszenarien des BFS aus 2009 erfolgte mit den *Ergänzungen zu den schweizerischen Verkehrsperspektiven* in 2012 (ARE 2012).

Diese Entwicklungspfade basieren auf einem Annahmenset, welches quantitative (Bevölkerung und abgeleitet daraus BIP und Aussenhandel) und v.a. qualitative Treiber beinhaltet. Dieses Annahmenset unterscheidet ein Basis- und zwei Alternativszenarien. Für jedes Szenario wird die Ausprägung der einzelnen Treiber detailliert diskutiert. Diese Treiberdiskussion ist neben den oben dargestellten Entwicklungspfaden ein weiterer wesentlicher Bestandteil der Perspektiven. Mit der Treiberdiskussion werden für Fragestellungen in allen Anwendungsbereichen (gemäss Bedürfnisanalyse) wichtige Zusatzinformationen geliefert, welche eine Vorstellung zum Güterverkehr generell und den dahinter stehenden Entwicklungen vermitteln:

- › Sozioökonomische Entwicklungen in der Schweiz und in der EU (Bevölkerung, BIP/Aussenhandel),
- › räumliche Entwicklungsmuster,
- › gesellschaftliche Grundmuster,
- › Transportwirtschaft und Logistik,
- › Wirtschaft und Versenderanforderungen,
- › Verkehrspolitik in der Schweiz und in der EU (Marktordnung, Infrastrukturen, Fiskalpolitik, Gebote und Verbote)
- › Integrations-, Umwelt- und Regionalpolitik.

### **Methoden zu den bestehenden Perspektiven**

Die Aufstellung der bestehenden Perspektiven entspricht einer Mischung aus qualitativen und quantitativen Verfahren. Die Diskussion der Szenariorahmen auf Basis der oben angeführten Treiber erfolgte in mehreren Stufen, indem Experten aus unterschiedlichen Fachrichtungen ihre Vorstellungen eingebracht haben. Der sozioökonomische Entwicklungsrahmen ist mit den Szenarien zur Bevölkerungsentwicklung (BFS) und mit den Vorstellungen des Perspektivstabes des Bundes (auf Basis von SECO-Annahmen) abgestimmt worden.

Zur Quantifizierung der Entwicklungspfade wurde zuerst die (gesamtmodale) Nachfrage (Aufkommen in Tonnen) in einem Modell mit Transportintensitäten bestimmt; zur rechnerischen Vorgabe von Entwicklungspfaden wurde auf Regressionsanalysen zwischen Nachfrage und Treibergrössen zurückgegriffen. Im Anschluss erfolgte die Umsetzung der v.a. verkehrspolitischen Annahmen in modale Entwicklungen, indem die Verschiebungen zwischen den einzelnen Modi direkt eingegeben wurden. Aus der Nachfrageprognose wurden abschliessend die Verkehrsleistungen über mittlere Transportweiten abgeleitet.

Dieses grundlegende Vorgehen erfolgte aus zwei Blickwinkeln: Einem so genannten bottom up-Ansatz und einem top down-Ansatz. Während der top down-Ansatz dem höchstmöglichen

Aggregationsgrad entspricht, wird im bottom up-Verfahren disaggregiert vorgegangen. Der Begriff der Disaggregation ist jedoch nicht gleichzusetzen mit dem der disaggregierten (Verkehrs-) Modelle. Disaggregiert bedeutet hier, bspw. die Verkehrsarten nach dem oben geschilderten Verfahren einzeln zu betrachten. Eine weitere Disaggregationsstufe stellen die Warengruppen dar. Die Mischung aus top down und bottom up besteht dann nicht nur am „oberen Aggregat“, sondern auf allen denkbaren Stufen mit Zwischen-Aggregaten. Neben dieser „vertikalen“ Mischung kam eine „horizontale“ hinzu: Die Verkehrsleistung wurde analog zum Verfahren der Nachfrage autonom bestimmt und dann mit den Transportweiten ein zweites Mal plausibilisiert.

In allen Modellstufen haben sich quantitative und qualitative Verfahren abgewechselt, indem die Ergebnisse und Entwicklungen nach jedem Zwischenschritt auf Expertenbasis diskutiert und allenfalls nachjustiert wurden. Das bedeutet, es bestand im Modell bei jeder Modellstufe die Möglichkeit, manuell eingreifen und korrigieren zu können – wenn dazu die entsprechenden inhaltlichen Argumente vorlagen.

Die derzeit vorliegende **Aktualisierung** der *Perspektiven zum Güterverkehr* ist mit einem Verfahren erstellt worden, bei dem aus top down-Sicht die oberen Aggregate auf die neuesten sozioökonomischen Entwicklungspfade abgestimmt wurden.

### **Vorgehensvorschlag zur Aufstellung künftiger Perspektivarbeiten**

Aus Sicht der Autoren erscheint es empfehlenswert, die Intention der bestehenden Perspektivarbeiten beizubehalten. Das bedeutet, sowohl qualitative wie auch quantitative Informationen in die Arbeiten einfließen zu lassen und diese entsprechend darzustellen.

Um dies auf die Vorschläge zu den Strategien einer nationalen Güterverkehrsmodellierung abzustimmen, sollte die Verwendung von aggregierten Modellen im Rahmen der Perspektivarbeiten beibehalten werden. Dies schliesst – theoretisch – nicht aus, dass auch disaggregierte Modelle in der Lage wären, entsprechende Daten an den vergleichbaren Aggregationsstufen zu liefern.<sup>37</sup> Allerdings sind aggregierte Modelle eher in der Lage, qualitative Treiber und entsprechend beschriebene Szenariorahmen in transparenter Form in Zahlen umzusetzen. Dazu kommt der Aspekt der Zeitreihen, welcher gerade bei Arbeiten mit langfristig orientierten Prognosehorizonten in den Vordergrund rückt. Insbesondere zur Plausibilisierung und Diskussion von einzelnen Entwicklungen sind Betrachtungen über die Zeit unabdingbar.

Der Vorgehensvorschlag entspricht daher der Umsetzung der **Strategie „light 2“**. Auf der Basis eines zu den Perspektivarbeiten kompatiblen Datensets (siehe Einfügung auf Seite 119)

<sup>37</sup> Dies bezieht sich auf die Annahme, dass mit dem disaggregierten Modell verschiedene (Zeit-)Zustände aus einem vergleichbaren Input-Datensatz quantifiziert und im Anschluss miteinander „verbunden“ werden. In der Theorie sollten sich vergleichbare Resultate ergeben wie mit einem aggregierten Modell. Mit Blick auf das bestehende NGVM ist jedoch kein Vorteil gegenüber einem aggregierten Modell ersichtlich.



sind mit einem aggregierten Modell die zukünftigen Ausprägungen der darin enthaltenen Kenngrößen zu bestimmen. Vorab ist jedoch eine Diskussion der qualitativen und sozioökonomischen Rahmenbedingungen zu führen. Die Definition von verschiedenen Szenarien neben einem als Trend einzustufenden Basisszenario ist im Rahmen der Perspektivarbeiten beizubehalten.

Die Methoden zur aggregierten Modellierung sollten vergleichbar sein zu den bisherigen Perspektivarbeiten. Gleichzeitig müssen die Modelle die Datenlage hinsichtlich Input für künftige Entwicklungen berücksichtigen. Dabei wäre der Einsatz folgender Daten denkbar – abgestimmt auf das Datenset zum Güterverkehr:

- › Bevölkerung und Erwerbstätigkeit (Schweiz, kantonale, wichtigste Handelspartner),
- › BIP (Schweiz, wichtigste Handelspartner),
- › Ableitungen aus diesen Daten für
  - › regionale Bruttowertschöpfungen,
  - › branchenspezifische Bruttowertschöpfungen.

Die **Umsetzung** der aggregierten Modellierung erfolgt i.d.R. auf der Basis von Standardprogrammen, bspw. Excel- oder Access.<sup>38</sup> Dabei sind benutzerfreundliche Eingabe- und Ausgabe- sowie Berechnungs-Blätter vorzusehen.<sup>39</sup> Der allfällige Einbezug eines GIS – zumindest zur Ergebnisdarstellung – könnte im Rahmen einer entspr. Ausschreibung doch zumindest als Option offengehalten werden.

Theoretisch wäre die Erstellung eines aggregierten Modells von der eigentlichen Erstellung der Perspektiven trennbar. In der Praxis würde allenfalls eine Kombination beider Arbeitsschritte von Vorteil sein, indem die erste (das Modell verifizierende) Anwendung gleich den Perspektiven entspricht. Dagegen spricht jedoch die nicht zu unterschätzende Arbeit im Rahmen der qualitativen Treiberdiskussion, der Definition der Szenariorahmen und der sozioökonomischen Entwicklungspfade. Idealerweise würde diese Diskussion vorab laufen, dann darauf abgestimmt ein entsprechendes Modell erstellt und dessen (Teil-)Ergebnisse wieder qualitativ auf Expertenbasis diskutiert und im Nachgang durch nochmalige Modellanwendung verändert werden.

Es scheint daher empfehlenswert, vorerst das Modell aufzubauen (Schritt 1), danach Szenariodefinition und Treiberdiskussion zu führen (Schritt 2) und im Anschluss das Modell darauf abzustimmen resp. anzuwenden (Schritt 3) sowie die Ergebnisse entsprechend darzustellen (Schritt 4 = Perspektivpublikation).

<sup>38</sup> Vielfach sind solche Umsetzungen auch unter dem Begriff der „Tischmodelle“ bekannt.

<sup>39</sup> Vorstellbar wäre bspw., ein Input-Modul zur Datenhaltung und –eingabe, ein Analyse-Modul zur Ermittlung und Darstellung allfälliger funktionaler Zusammenhänge (je nach eingesetzter Methode, bspw. Regressionsanalyse), ein explizites Prognose-Modul zur Ermittlung, Darstellung und insb. zur Plausibilisierung der Entwicklungen sowie ein Output-Modul zur Ausgabe der Ergebnisse und als Schnittstelle zu allfälligen weiteren Programmsystemen (NGVM, GIS) vorzusehen.

### 6.2.7. INFORMATION UND KOMMUNIKATION ZUR GÜTERVERKEHRS- MODELLIERUNG

Im Rahmen der Bedürfnisanalyse hat sich gezeigt, dass über den eigentlichen Bedarf an güterverkehrsrelevanten Daten hinaus ein eher grundsätzliches Bedürfnis nach Informationen zu diesen Daten besteht. Dazu gehören:

- › eine Übersicht zu den zur Verfügung stehenden Daten,
- › eine (kurze) Kommentierung der Daten
  - › welche Aussagen sind mit den Daten verbunden (inhaltlicher Hintergrund),
  - › Genese (erhoben, hochgerechnet oder modelliert),
  - › Hinweise zu allfälligen Stolperfallen (Trendbrüche, Revisionen etc.),
  - › wo gibt es weiterführende Informationen,
  - › wo sind die Daten und allenfalls weitere Daten verfügbar,
- › Information über die nationale Güterverkehrsmodellierung:
  - › welche Modelle/Daten gibt es im Rahmen NGVM und wofür sind sie geeignet,
  - › was wird wie modelliert,
  - › was ist Input, was ist Output,
  - › Grenzen der Modellierung,
- › Ansprechpartner,
- › Procedere zum Umgang resp. zur Anwendung des NGVM (=> Betriebskonzept).

Wie diese Informationen kommuniziert werden, ist mit einem entsprechenden **Vorgehenskonzept zur Kommunikation** umzusetzen. Dessen Umfang hängt jedoch von der gewählten Strategie im Rahmen einer nationalen Güterverkehrsmodellierung ab und ist auf diese abzustimmen (Stichwort Betriebskonzept). Damit steht dieses Vorgehen zur Kommunikation *parallel* zu den Strategien der Güterverkehrsmodellierung – sie ist keine eigentliche Strategie zur Modellierung.

Zu einem solchen Vorgehenskonzept gehört auch die Festlegung von grundsätzlichen Vorgehensweisen innerhalb des UVEK bei Fragestellungen im Zusammenhang mit Güterverkehr und dem damit verbundenen Umgang mit Güterverkehrsdaten. Die heutige Arbeitsteilung zwischen ARE und BFS soll von dieser Kommunikation nicht tangiert werden; das Vorgehenskonzept ist einzig und allein ein Instrument der nationalen Güterverkehrsmodellierung und den mit ihr verbundenen Daten.

Im Rahmen der Kommunikation sind zwingend die bestehenden Regelungen zwischen UVEK und EDI resp. dem BFS hinsichtlich der Erhebung, Publikation und Weitergabe von Verkehrsdaten zu beachten. Jegliche Auskünfte betreffend retrospektiver Daten an Stakeholder ausserhalb des UVEK fallen in die Zuständigkeit des BFS; dazu gehören auch Auskünfte zur Verfügbarkeit

von Daten wie auch zu methodischen und inhaltlichen Aspekten. Das ARE hingegen soll zuständig sein für Auskünfte bezüglich der Güterverkehrsmodellierung und zu Güterverkehrsdaten mit prospektiven Entwicklungen. Eine klare Regelung der Zuständigkeiten ist im Bereich der Kommunikation sehr wichtig, um insb. Kommunikationsspannen und Doppelspurigkeiten zu vermeiden.

## 7. EMPFEHLUNG

Angesichts der Ergebnisse der Bedürfnisanalyse ist die Fortführung der nationalen Güterverkehrsmodellierung als zwingend einzustufen. Die Autoren der vorliegenden Evaluierung empfehlen daher dem VM-UVEK die Umsetzung einer entsprechend geeigneten Strategie. Dabei sollte auf folgende Punkte geachtet werden:

### **Erfahrungen NPVM**

Vor dem Hintergrund der Erfahrungen im Rahmen der nationalen Personenverkehrsmodellierung kann deren Umsetzung grundsätzlich zur Orientierung dienen. Im Rahmen der Güterverkehrsmodellierung ist jedoch die hohe Komplexität der Thematik zu beachten.

### **Bedarfsgerechte Methodik: Aggregierte und disaggregierte Modellierung**

Zur Reduktion der Komplexität bei der Modellierung des Güterverkehrs sollte auf eine Mischung aus aggregierten und disaggregierten Modellen zurückgegriffen werden. Ein grosser Teil der (v.a. übergeordneten) Fragestellungen zum Güterverkehr kann bereits mit aggregierten Modellen bearbeitet werden. Dies betrifft in erster Linie die Modellstufe der Nachfrageerzeugung und für stark aggregierte Relationen auch die der Zielwahl. Die Anwendung aggregierter Modelle dient hier neben der Reduktion der Komplexität bei der Anwendung auch der Erhöhung der Transparenz der abgebildeten Wirkungszusammenhänge.

Für darüber hinaus gehende (räumlich, zeitlich und strukturell spezielle) Fragestellungen mit zum Teil sehr differenzierten Anforderungen an den Datenoutput sind im Rahmen der Modellstufen von Verkehrsmittel- und Routenwahl auch weiterhin disaggregierte Modelle einzusetzen. Dabei kann auf die hierbei relevanten Modellstufen des bestehenden NGVM zurückgegriffen werden; alternative Modelle bieten keinen signifikanten Mehrwert. Somit würde die bisherige Arbeit zum NGVM fortgeführt werden.

### **Strategie der Modularisierung**

Zur Umsetzung bietet sich eine abgestufte modularisierte Strategie in drei Stufen an:

- › Etablierung eines Datensets mit den wichtigsten Daten aus Sicht der nationalen Güterverkehrsmodellierung – retro- und prospektiv (aus vorhandenen Arbeiten),
- › Aufbau eines Modells mit aggregierten Methoden zur Beantwortung strategischer Fragestellungen auf der Basis des zuvor erstellten Datensets mit dem Schwerpunkt bei Nachfrageerzeugung und ggf. zur Zielwahl sowie stark aggregierter Verkehrsmittelwahl,

- › Ergänzung einer Schnittstelle zwischen dem aggregierten Datenset und dem bestehenden NGVM zum Bezug auf dessen disaggregierte Daten und zur Modellierung von Modalsplit und Routenwahl; eine spätere Optimierung der einzelnen Modellstufen des NGVM ist vorzusehen, wobei der erste Schwerpunkt auf die Routenwahl zu legen sein wird.

### **Betriebskonzept**

Zur Abschätzung der mit der Umsetzung dieser Strategien verbundenen Ressourcen ist ein Betriebskonzept zur nationalen Güterverkehrsmodellierung unabdingbar. Das Betriebskonzept definiert den Umfang der im Rahmen Güterverkehrsmodellierung zu leistenden Arbeiten sowie das Procedere zur Abgabe von Daten oder Modellbestandteilen.

### **Ressourcing**

Aus den oben dargestellten Empfehlungen ist abzuleiten, dass entsprechende fachliche und personelle Ressourcen beim VM-UVEK benötigt werden. Es braucht Know-how betreffend grundlegender Abläufe zum Güterverkehr, zur Datenlage und zu den Datenquellen sowie zur Modellierung, wobei letzteres auch bedeutet, dass das aggregierte Modell und das bestehende NGVM verstanden, erläutert und ggf. externe Einsätze begleitet werden können. Eine erste grobe Abschätzung zum betrieblichen Aufwand lässt einen Umfang von bis zu 100 Personentagen pro Jahr erwarten; zur Etablierung aller drei Stufen (Datenset, aggregiertes Modell und Schnittstelle zum NGVM) ist ein einmaliger Aufwand von bis zu 130 Personentagen zu erwarten.

### **Begleitung durch Kommunikation**

Das Informationsbedürfnis ist mit einer geeigneten Kommunikation abzudecken. Je nach Stand der Umsetzung der Strategie zur Güterverkehrsmodellierung sind die entsprechenden Informationen zu kommunizieren. Im Fokus stehen die UVEK-Ämter und allenfalls weitere Abnehmer von Daten aus einer Güterverkehrsmodellierung.

### **Perspektiven zum schweizerischen Güterverkehr**

Die Erarbeitung allfälliger *Perspektiven zum schweizerischen Güterverkehr* lässt sich mit der oben dargestellten abgestuften Strategie in Einklang bringen. Die Perspektiven lassen sich mit einem aggregierten Modell bearbeiten. Zur Rückkopplung mit qualitativer Szenariodefinition und expertenbasierter Plausibilisierung wird daher empfohlen, vorerst ein solch aggregiertes Modell aufzubauen und im Anschluss daran in Abstimmung auf die qualitativen Annahmen damit die Perspektiven zu quantifizieren.

## ANNEX

### FRAGENKATALOG BEDÜRFNISANALYSE

#### **Fragestellungen (Themen) der Güterverkehrsmodellierung**

- › Welche Themen resp. Fragen wären aus Sicht der Befragten mit einem nationalen Güterverkehrsmodell zu behandeln?
  - › Bitte konkrete Beispiele nennen, bspw. Lärmberechnung im Schienengüterverkehr, oder Verlagerungswirkung von Abgeltungen im AQGV etc.
  - › Zuordnung zu Themenbereichen wie bspw. Produktions- und Logistikprozesse, Transportwirtschaft, Infrastruktur, Regulativ, Raumplanung, Umwelt etc.
  - › Zuordnung zu (denkbaren) Modellstufen wie bspw. Güterverkehrsnachfrage im Raum, Transportbeziehungen zwischen den Räumen (Wunschlinien), Verkehrsmittelwahl (Modalsplit), Netzbelastung (Routenwahl).
- › Welche Art der Anwendung wäre mit diesen Fragestellungen verbunden?
  - › Wäre das Modell einzusetzen?
  - › Oder genügt ein Rückgriff auf die Resultate einmal durchgerechneter Modellzustände?
- › Welche Differenzierungen sind mit diesen Fragestellungen verbunden?
  - › inhaltlich-strukturelle Differenzierungen (bspw. Gutarten, Warengruppen)
  - › räumliche Differenzierungen
  - › zeitlicher Bezug
- › Wie müssten die Ergebnisse vom Modell – Anwendung oder auch nur Resultate – vorliegen? Umfang, Formate etc.

#### **Review**

- › Welche Fragestellungen wurden bislang mit dem NGVM bearbeitet? Wie fielen die Erfahrungen damit aus?
- › Warum wurde bislang nicht oder nur sehr zurückhaltend auf das NGVM zurückgegriffen? Was wären demgegenüber potenzielle Erfolgsfaktoren?

#### **Sonstige technische oder betriebliche Rahmenbedingungen**

- › Welche Schnittstellen (bspw. zu Dritt-Systemen) kämen infrage oder wären gefordert?
- › Wie könnte eine allfällige Aufgabenteilung zwischen den Nutzern (bei den Ämtern) und dem VM-UVEK aussehen?

## GESPRÄCHSPARTNER BEDÜRFNISANALYSE

<b>GESPRÄCHSPARTNER</b>	
<b>Fachstelle</b>	<b>Ansprechpersonen</b>
Bundesamt für Raumentwicklung	Lena Poschet (Bundesplanungen) Ueli Balmer (Verkehrspolitik) Helmut Honermann (Grundlagen) Andreas Justen (Grundlagen)
Bundesamt für Strassen	Jörg Häberli (Netzplanung) Peter Studer (Politik, Wirtschaft, Internationales)
Bundesamt für Umwelt	Felix Reutimann (Verkehr)
Bundesamt für Verkehr	Arnold Berndt (Güterverkehr) Hauke Fehlberg (Planung)
Bundesamt für Energie	Felix Andrist (Statistik und Perspektiven) Martin Sager (Mobilität) Martin Bapst (Statistik und Perspektiven)
SBB Infrastruktur	Nadine Wirnitzer (Netzentwicklung)
Kanton Basel-Stadt	Michael Redle (Mobilität)

**Tabelle 31** Zusammenstellung aller Gesprächspartner im Rahmen der Bedürfnisanalyse

BEDÜRFNISANALYSE

BEDÜRFNISANALYSE																	
		Treiber			Regulativ				Energie und Umwelt				Infrastrukturen				
		Exogene Treiber	Endogene Treiber	Ausprägungen	Marktordnung	Gebote/ Verbote	Fiskalpolitik	Angebots-politik	Lärm	Luft	Klima	Energie	Schiene	Strasse	Standorte	Verkehrs-management	Unterhalt
Strukturen	Warengruppen	aggregiert, bspw. SITC	aggregiert, bspw. NST	aggregiert, bspw. NST	wenig relevant	aggregiert, bspw. NST	aggregiert, bspw. NST	aggregiert, bspw. NST	aggregiert, bspw. NST	aggregiert, bspw. NST	aggregiert, bspw. NST	aggregiert, bspw. NST	wenig relevant*	wenig relevant*	disaggregiert bspw. SITC	wenig relevant	aggregiert, bspw. NST
	Branchen	aggregiert, bspw. NOGA	aggregiert, bspw. NOGA	wenig relevant	aggregiert, bspw. NOGA	wenig relevant	wenig relevant	wenig relevant	wenig relevant	wenig relevant	wenig relevant	aggregiert, bspw. NOGA	wenig relevant	wenig relevant	aggregiert, bspw. NOGA	wenig relevant	wenig relevant
	Modi	wenig relevant	Strasse Schiene Binnenschiff Luftfahrt Rohrleitung	Strasse Schiene Binnenschiff Luftfahrt Rohrleitung	Strasse Schiene	Strasse Schiene	Strasse Schiene Binnenschiff	Strasse Schiene Binnenschiff	Strasse Schiene Binnenschiff Luftfahrt	Strasse Schiene Binnenschiff Luftfahrt	Strasse Schiene Binnenschiff Luftfahrt	Strasse Schiene Binnenschiff Luftfahrt	Strasse Schiene	Strasse Schiene	Strasse Schiene Binnenschiff	Strasse Schiene	Strasse Schiene
	Fahrzeuge	wenig relevant	Typen Gewichte EURO-Klassen	Typen Gewichte EURO-Klassen	wenig relevant	Typen Gewichte EURO-Klassen	Typen Gewichte EURO-Klassen	EURO-Klassen	Typen Gewichte EURO-Klassen	Typen Gewichte EURO-Klassen	Typen Gewichte EURO-Klassen	Typen Gewichte EURO-Klassen	Typen	Typen	Typen	Typen Gewichte EURO-Klassen	Typen Gewichte
	Produktions-konzepte	wenig relevant	WLV KV ROLA	WLV KV ROLA	wenig relevant	WLV KV	WLV KV ROLA	WLV ROLA	WLV KV ROLA	WLV KV ROLA	WLV KV ROLA	WLV KV ROLA	WLV KV ROLA	WLV KV (Qualität) ROLA	WLV KV (Qualität) ROLA	WLV KV (Qualität) ROLA	wenig relevant
Raum	Verkehrsarten	wenig relevant	Binnen Import Export Transit	Binnen Import Export Transit	Binnen Import Export Transit	Binnen Import Export Transit	Binnen Import Export Transit	Binnen Import Export Transit	Binnen Import Export Transit	Binnen Import Export Transit	Binnen Import Export Transit	Binnen Import Export Transit	wenig relevant	wenig relevant	Binnen Import Export Transit	Binnen Import Export Transit	Binnen Import Export Transit
	Zonierung	Länder Grossreg. Kantone	Länder Grossreg. Kantone	Länder Grossreg. Kantone	Länder	Länder Korridore	Länder Korridore	Länder Korridore	Land Korridore	Land Korridore	Land Korridore	Land	feinräumig	feinräumig	feinräumig	feinräumig	feinräumig
	Relationen	Länder überregional	Länder überregional	Länder überregional	Länder	Länder überregional	Länder überregional	Länder überregional	feinräumig	feinräumig	wenig relevant	wenig relevant	feinräumig	feinräumig	feinräumig	feinräumig	feinräumig
	Netze	wenig relevant	wenig relevant	wenig relevant	wenig relevant	wenig relevant	wenig relevant	wenig relevant	Strasse Schiene	Strasse Schiene	wenig relevant	wenig relevant	Strasse Schiene	Strasse Schiene	Strasse Schiene	Strasse Schiene	Strasse Schiene
Zeit	retrospektiv	jährlich	jährlich	jährlich	jährlich	jährlich	jährlich	jährlich	jährlich	jährlich	jährlich	jährlich	Basis-zustand	Basis-zustand	Basis-zustand	Basis-zustand	Basis-zustand
	prospektiv	jährlich	jährlich	jährlich	jährlich	jährlich	jährlich	jährlich	jährlich	jährlich	jährlich	jährlich	Prognose-zustand	Prognose-zustand	Prognose-zustand	Prognose-zustand	Prognose-zustand
	Zeitreihen	ab ca. 1995 bis ca. 2050	ab ca. 1995 bis ca. 2050	ab ca. 1995 bis ca. 2050	ab ca. 1995 bis ca. 2050	ab ca. 1995 bis ca. 2050	ab ca. 1995 bis ca. 2050	ab ca. 1995 bis ca. 2050	ab ca. 1995 bis ca. 2050	ab ca. 1995 bis ca. 2050	ab ca. 1995 bis ca. 2050	ab ca. 1995 bis ca. 2050	wenig relevant	wenig relevant	wenig relevant	wenig relevant	wenig relevant
	Verkehrs-situationen	wenig relevant	wenig relevant	wenig relevant	wenig relevant	HVZ NVZ	HVZ NVZ	wenig relevant	DWW/DTV Tagesgang	DWW/DTV Tagesgang	HVZ NVZ	HVZ NVZ	DWW/DTV Tagesgang	DWW/DTV Tagesgang	DWW/DTV Tagesgang	DWW/DTV Tagesgang	DWW/DTV Tagesgang

Tabelle 32 Anforderungen an die Datendifferenzierung aus der Bedürfnisanalyse



MODELLE

MODELLE									
		VISUM	STAN/EMME	CUBE Cargo	Transtools	NODUS	WIZUG/MOSES	NEMO	TCI-Paket
Strukturen	Warengruppen	in Kombination mit entsprechenden externen Komponenten	in Kombination mit entsprechenden externen Komponenten	in Kombination mit entsprechenden externen Komponenten	NST/R-Kapitel	nicht möglich	Wagengattung	Wagengattung	
	Branchen	in Kombination mit entsprechenden externen Komponenten	in Kombination mit entsprechenden externen Komponenten	in Kombination mit entsprechenden externen Komponenten	11 Wirtschafts- und Konsumsektoren	nicht möglich	Wagengattung	Wagengattung	
	Modi	Strasse (Schiene) Schiff	Strasse (Schiene) Schiff	Strasse Schiene Schiff	Strasse Schiene Schiff	Strasse (Schiene) Schiff	Schiene	Schiene	
	Fahrzeuge	Personenwagen Lieferwagen Lastwagen	Personenwagen Lieferwagen Lastwagen	Personenwagen Lieferwagen Lastwagen	Lieferwagen Lastwagen Zug	Personenwagen Lieferwagen Lastwagen	Güterwagen	Güterwagen	Lastwagen
	Produktionskonzepte	sehr begrenzt	sehr begrenzt	Strasse Schiene Intermodal	Strasse Schiene Intermodal	sehr begrenzt	Schienen Güterverkehr	Schienen Güterverkehr	Strasse
Raum	Verkehrsarten	Binnen Import Export Transit	Binnen Import Export Transit	Binnen Import Export Transit City-Logistik	(Binnen) Import Export Transit	Binnen Import Export Transit	Binnen Import Export Transit	Binnen Import Export Transit	Binnen Import Export Transit
	Zonierung	Verkehrszellen, Grösse und Grenzen beliebig	Verkehrszellen, Grösse und Grenzen beliebig	Verkehrszellen, im Nahbereich Fahrzeuge	Verkehrszellen, grossräumig	Verkehrszellen, Grösse und Grenzen beliebig	Bedienpunkte (Verkehrszellen)	Bedienpunkte (Verkehrszellen)	statistische Bezirke
	Relationen	zwischen Verkehrszellen, Grösse der Matrix nahezu beliebig	zwischen Verkehrszellen, Grösse der Matrix nahezu beliebig	zwischen Knoten	zwischen Verkehrszellen TEN-Netze + Ergänzungen	zwischen Verkehrszellen, Grösse der Matrix nahezu beliebig	zwischen Bedienpunkten	zwischen Bedienpunkten	zwischen statistischen Bezirken
	Netze	Strasse Schiene (Binnenschiff) (Seeschiff)	Strasse Schiene (Binnenschiff) (Seeschiff)	Strasse Schiene Binnenschiff Seeschiff	Strasse Schiene Binnenschiff Short-Sea-Shipping Verknüpfungspunkte	Strasse Schiene Binnenschiff Seeschiff	Schiene inkl. Produktionsnetz	Schiene inkl. Produktionsnetz	Strasse
Zeit	retrospektiv			jährlich	jährlich				möglich
	prospektiv	abhängig von Eingangsdaten	abhängig von Eingangsdaten	jährlich	jährlich	abhängig von Eingangsdaten	abhängig von Eingangsdaten	abhängig von Eingangsdaten	nicht möglich
	Zeitreihen			jährlich	jährlich				nur ex-post
	Verkehrssituationen	DTV (Stundenwerte)	DTV (Stundenwerte)	Einzelfahrzeuge DTV	Tonnen/Tag	DTV (Stundenwerte)	Züge und Wagen pro Tag oder Stundenbereich	Züge und Wagen pro Tag oder Stundenbereich	Tonnen/Jahr bis Fahrzeuge/Tag

Tabelle 33 Bezug der Modelle (kommerzielle Software) zur Datendifferenzierung aus der Bedürfnisanalyse

## DATENLAGE

DATEN					
		Nachfragedaten	Erzeugungsdaten	Angebotsdaten	Modellierungsdaten
Strukturen	Warengruppen	NST SITC (Länder)	nur via Branchenbezug	wenig relevant	Intensitäten
	Branchen	(nur in CHF nach NOGA)	NOGA	wenig relevant	I-O-Tabellen
	Modi	Strasse Schiene Binnenschiff (nur t) Luftfahrt (nur t) Rohrleitung (nur t)	wenig relevant	VM-UVEK NNK Terminals	Modalspl.-Funkt. (sp) siehe Nachfrage (rp)
	Fahrzeuge	Typen Gewichte EURO-Klassen	wenig relevant	wenig relevant	wenig relevant
	Produktions- konzepte	WLV KV ROLA	wenig relevant	wenig relevant	wenig relevant
Raum	Verkehrsarten	Binnen Import Export Transit	BIP/BWS Import Export	wenig relevant	I-O-Tabellen siehe Nachfrage (rp)
	Zonierung	Strasse: PLZ Schiene: Bedienpunkte	Einwohner (Hektar) Beschäftigte (Hektar) BWS max. kantonal	wenig relevant	
	Relationen	Strasse: PLZ Schiene: Bedienpunkte	Einwohner (Hektar) Beschäftigte (Hektar) BWS max. kantonal I-O-Tabellen	I-O-Tabellen Kosten	I-O-Tabellen siehe Nachfrage (rp)
	Netze	Nationalstrassen Kantonsstrasse ca. 300 Bahnstrecken	wenig relevant	VM-UVEK NNK Terminals	Strasse: CR-Fkt. aus PV
Zeit	retrospektiv	jährlich	jährlich	Basiszustand	wenig relevant
	prospektiv	Perspektiven	jährlich	Prognosezustand 2030	wenig relevant
	Zeitreihen	ab ca. 2008 Persp.: 2030	mind. ab 1995 Einwohner bis 2060 (kantonal bis 2035) BIP bis 2060	wenig relevant	wenig relevant
	Verkehrs- situationen	Strasse: DWV/DTV	wenig relevant	wenig relevant	Ganglinien (Zählung)

Tabelle 34 Bezug der Datenlage zur Datendifferenzierung gemäss der Bedürfnisanalyse

## ABKÜRZUNGEN

AQGV	Alpenquerender Güterverkehr
ARE	Bundesamt für Raumentwicklung
ASTRA	Bundesamt für Strassen
ATB	Alpentransitbörse
BAFU	Bundesamt für Umwelt
BAV	Bundesamt für Verkehr
BFE	Bundesamt für Energie
BFS	Bundesamt für Statistik
BIP	Bruttoinlandsprodukt
BME	Bundesverband Materialwirtschaft, Einkauf und Logistik
BIET	Binnenverkehr, Import, Export, Transit
bspw.	beispielsweise
BWS	Bruttowertschöpfung
CR-Funkt.	Capacity restraint function
DG EcFin	Directorate General for Economic and Financial Affairs
DTV	Durchschnittlicher täglicher Verkehr
DWV	Durchschnittlicher Werktagsverkehr
EFD	Eidgenössisches Finanzdepartement
entspr.	entsprechend(e)
EWLV	Einzelwagenladungsverkehr
EZV	Eidgenössische Zollverwaltung
GBT	Gotthard Basistunnel
GQGV	Grenzquerender Güterverkehr
GST	Gotthard Strassentunnel
GTE	Gütertransporterhebung
GTS	Gütertransportstatistik
G(V)	Güterverkehr
GVM	Gesamtverkehrsmodell
HSG	Hochschule St.Gallen
i.d.R.	in der Regel
insb.	insbesondere
IOT	Input-Output-Tabelle

KV	Kombinierter Verkehr
LBT	Lötschberg Basistunnel
LSVA	Leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe
MFM-U	Monitoring flankierender Massnahmen – Umwelt
MISTRA	Management-Informationssystem Strasse und Strassenverkehr
MOFIS	Motorfahrzeuginformationssystem
NACE	Nomenclature statistique des activités économiques
NEAT	Neue Alpen Transversale
NGVM	Nationales Güterverkehrsmodell
NHM	Nomenclature harmonisée des marchandises
NIBA	Nachhaltigkeitsindikatoren Bahn
NISTRA	Nachhaltigkeitsindikatoren Strasse
NNK	Netznutzungskonzept
NOAS	Nomenclature standard de la statistique de la superficie
NOGA	Nomenclature statistique des activités économiques
NPVM	Nationales Personenverkehrsmodell
NST	Nomenclature uniforme des marchandises pour les statistiques de transport
o.ä.	oder ähnliche(s)
ÖV	Öffentlicher Verkehr
P(V)	Personenverkehr
PEB	Programm Engpassbeseitigung
PEZA	Provisorisch erweiterte Zollanlage
PLZ	Postleitzahl
ROLA	Rollende Landstrasse
rp	revealed preference
SASVZ	Schweizerische automatische Strassenverkehrszählung
SBB	Schweizerische Bundesbahnen
SBB-I	Schweizerische Bundesbahnen Division Infrastruktur
SGV	Schienengüterverkehr
SITC	Standard International Trade Classification
SN	Schwere Nutzfahrzeuge
sp	stated preference
STATENT	Statistique structurelle des entreprises
STEP	Strategische Entwicklungsplanung

SVI	Schweizerische Vereinigung der Verkehrsingenieure
UIRR	Union Internationale des sociétés de transport combiné Rail-Route
UKV	Unbegleiteter Kombiniertes Verkehr
UVEK	Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation
UVP	Umweltverträglichkeitsprüfung
v.a.	vor allem
VGR	Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung
VM	Verkehrsmodell
WLV	Wagenladungsverkehr
WS	Wertschöpfungsstatistik
ZMB	Zweckmässigkeitsbeurteilung

## LITERATUR

- ARE 2002:** Strategie für Verkehrsmodellierung im UVEK, erstellt von INFRAS, im Auftrag vom Bundesamt für Raumentwicklung, Bern 2002
- ARE 2004:** Perspektiven des schweizerischen Güterverkehrs bis 2030, erstellt von Prog-Trans/INFRAS, Bundesamt für Raumentwicklung, Bern 2004.
- ARE 2006:** Nationales Güterverkehrsmodell: AP1, Aufbereitung der erhobenen Quell-/ Zielmatrizen, Bundesamt für Raumentwicklung, Bern 2006.
- ARE 2011:** Nationales Güterverkehrsmodell des UVEK, Basismodell 2005: Modellbeschrieb und Validierung, erstellt von Rapp Trans/PTV, Bundesamt für Raumentwicklung, Bern 2011.
- ARE/BAV/ASTRA 2005:** Vorstudie für ein nationales Güterverkehrsmodell, erstellt von Rapp Trans, im Auftrag vom Bundesamt für Raumentwicklung, Bundesamt für Verkehr, Bundesamt für Strassen, Bern 2005
- ARNDT 2004:** Modellierung im Wirtschaftsverkehr, in Arndt/Bäcker/Kracker/Runge (Hrsg.) Beiträge aus der Verkehrsplanung, Verkehrsplanungsseminar 2004, Berlin 2004.
- ASTRA/SVI 2005:** Bewertung von Qualitätsmerkmalen im Güterverkehr, Forschungsauftrag 2002/011 auf Antrag der Vereinigung Schweizerischer Verkehrsingenieure (SVI), erstellt von Università della Svizzera Italiana/Rapp Trans, Bundesamt für Strassen, Bern 2005.
- ASTRA/SVI 2008:** Modal Split Funktionen im Güterverkehr, Forschungsauftrag 2004/081 auf Antrag der Vereinigung Schweizerischer Verkehrsingenieure (SVI), erstellt von Rapp Trans/IVT ETH, Bundesamt für Strassen, Bern 2008.
- BAV 2010:** Güterverkehr auf Strasse und Schiene durch die Schweizer Alpen 2009, Schlussbericht, erstellt von Sigmaphan, Bundesamt für Verkehr, Bern 2010.
- BAV 2012a:** Alpinfo, Bundesamt für Verkehr, Bern 2013.
- BAV 2012b:** Auswirkungen der Fertigstellung der NEAT auf die Erreichung des Verlagerungsziels im Güterverkehr, Schlussbericht, erstellt durch INFRAS, Bundesamt für Verkehr, Bern 2012.
- BAV 2012c:** Auswirkungen der Fertigstellung der NEAT auf die Erreichung des Verlagerungsziels im Güterverkehr – Tischmodell, Kurzanleitung zur Version 2.2, erstellt durch INFRAS, Bundesamt für Verkehr, Bern 2012.
- BAV 2013:** Schienengüterverkehr im alpenquerenden Güterverkehr – Analysen und Entwicklungen, Schlussbericht, erstellt von INFRAS, Bundesamt für Verkehr, Bern 2013.
- BSP 2011:** Belgian Science Policy: Long-run impacts of policy packages on mobility in Belgium LIMOBEL, Brussel 2011.

- BEN-AKIVA/MEERSMAN/VAN DE VOORDE 2013:** Freight Transport Modelling, edited by Moshe Ben-Akive, Hilde Meersman and Eddy van de Voorde, Emerald, Bingley 2013
- BFS 2010a:** Gütertransportstatistik GTS, Bundesamt für Statistik, Neuchâtel 2010.
- BFS 2010b:** Gütertransportstatistik – Zeitreihen, Bundesamt für Statistik, Neuchâtel 2010.
- BFS 2010c:** Gütertransporterhebung GTE 2008, Erhebungsbericht, erstellt von Sigmaplan, Bundesamt für Statistik, Neuchâtel 2010.
- BFS 2010d:** Grenzquerender Güterverkehr 2008, Synthesebericht, erstellt von Sigmaplan, Bundesamt für Statistik, Neuchâtel 2010.
- BME 2014:** Leitfaden und Checkliste zur optimalen Verkehrsmittelwahl, in: Verkehrsrundschau Sonderausgabe „Who is Who Logistik 2014“ vom Dezember 2013, Bundesverband Materialwirtschaft, Einkauf und Logistik, Frankfurt am Main 2014.
- CARLIER/TAVASSZY/PERRIN/MINDERHOUD/NOTTEBOOM 2011:** Worldwide Container Model, presentation for TML-KUL seminar, Leuven 2011.
- DE BOK/BAAK/DE JONG 2010:** Program documentation for the logistics model for Sweden, Stockholm 2010.
- DESMET/HERVELDT/MAYERES/MISTIAEN/SISSOKO 2010:** The PLANET Model: Methodological Report, Brussels 2010.
- DG ECFIN 2012:** The 2012 Ageing Report, Directorate-General for Economic and Financial Affairs, Brüssel 2012.
- DG ECFIN 2013:** AMECO-Datenbank (online), Directorate-General for Economic and Financial Affairs, Brüssel 2013.
- EUROSTAT 2013a:** Aussenhandelsstatistik (Comext-Datenbank online), Statistisches Amt der Europäischen Union, Luxemburg 2013.
- EUROSTAT 2013b:** Statistik der Regionen (online), Statistisches Amt der Europäischen Union, Luxemburg 2013.
- EUROSTAT 2013c:** Verkehrsstatistik (online), Statistisches Amt der Europäischen Union, Luxemburg 2013.
- INRO 2014:** STAN - Strategic planning of national and regional freight transportation, download von <http://www.inro.ca/en/products/stan/STAN-brochure.pdf>, Montreal 2014.
- ITP/BVU 2007:** Prognose der deutschlandweiten Verkehrsverflechtungen 2025, FE-Nr. 96.0857/2005, Freiburg/München 2007
- PTV 2011:** Güterverkehrsmodell Schweiz, Handbuch, PTV Planung Transport Verkehr AG, Karlsruhe 2011.

- PTV/TCI/VC Fröhlich/ProgTrans 2011:** Nationales Güterverkehrsmodell: Erstellung der Netze für den nationalen Güterverkehr auf Strasse und Schiene & Potenzial- und Verteilungsmodell für den nationalen Güterverkehr, Schlussbericht, PTV Planung Transport Verkehr AG, Karlsruhe/Freiburg/Zürich/Bern, 2007.
- RÖHLING/SCHREMPF 2013:** Development and Implementation of a Freight Transport Modell for Trucks within the Bavarian State Traffic System, European Transport Conference, Frankfurt 2013.
- TAVASSZY/DE JONG 2014:** Modelling Freight Transport, A volume in the Elsevier Insight Series, edited by Lorant Tavasszy and Gerard de Jong, Elsevier, London/Waltham 2014
- TCI 2007:** Kurzbeschreibung Modellsystem Potentialmodell Güterverkehr, TCI Röhling, Freiburg i. Brsg., 2007.
- TCI 2014:** TCI-Intertrans, Modellbeschreibung, Internetseite [http://www.tci-roehling.de/tci\\_intertrans.html](http://www.tci-roehling.de/tci_intertrans.html), abgerufen am 09.01.2014, Freiburg 2014.
- TCI 2014a:** TCI-Regiotrans, Modellbeschreibung, Internetseite [http://www.tci-roehling.de/tci\\_gv.html](http://www.tci-roehling.de/tci_gv.html), abgerufen am 09.01.2014, Freiburg 2014.
- TNO INRO 2006:** TRANS-TOOLS, Deliverable 3: Report on model specification and calibration results, Report WP3, download von <http://energy.jrc.ec.europa.eu/transtools/documentation.html>, Brussels 2006.
- TRAFICO/IVWL UNI GRAZ/IVT ETH ZÜRICH/PANMOBILE/JOANNEUM RESEARCH/WIFO 2009:** Verkehrsprognose Österreich 2025+, Endbericht, Teile 1 bis 7, Wien, 2009.
- VÖV 2012:** Marktanalyse und Marktprognose zum Schienengüterverkehr 2030, erstellt von INF-RAS/IVT/BAKBASEL, Verband öffentlicher Verkehr, Bern 2012.