

**Vereinigung
Schweizerischer
Verkehrsingenieure**

November 2004 / T1393

Instrumente für die Planung und Evaluation von Verkehrssystem- Management-Massnahmen

Forschungsauftrag SVI 1999/312

VSM-Beispiele, Wirkungen und mögliche Instrumente

Jenni + Gottardi AG
Beratende Ingenieure



Vereinigung Schweizerischer
Verkehringenieure

November 2004 / T1393_6

Instrumente für die Planung und Evaluation von Verkehrssystem-Management-Massnahmen

Forschungsauftrag SVI 1999/312

VSM-Beispiele, Wirkungen und mögliche Instrumente

Bearbeitung : H. Werdin, dipl. Ing. ETH/SVI, Jenni + Gottardi AG
Dr. S. Schnittger, dipl. Ing. TH, Universität Karlsruhe, Inst. für Verkehrswesen

Begleitkommission: SVI-Arbeitsgruppe Informatik in der Verkehrsplanung

W. Schaufelberger, B+S, Präsident
M. Giacomazzi, Sez. dei trasporti TI
P. Hug, SBB
P. Mattenberger, EPFL
M. Mötteli, SNZ
M. Rubin, ASTRA
M. Vrtic, IVT-ETHZ
W. Züst, ARE

8802 Kilchberg/Zürich
Hornhaldenstrasse 9
Telefon 01 716 10 80
Telefax 01 716 10 81
e-mail: gottardi@swissonline.ch



Universität Karlsruhe
Institut für Verkehrswesen
D-76128 Karlsruhe

Jenni + Gottardi AG
Beratende Ingenieure

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Kurzfassung	I
Résumé	IV
Summary	VII
1. Aufgabenstellung	1
1.1 Ausgangslage	1
1.2 Auftrag	1
2. Vorgehen	2
3. Begriff, Abgrenzung und Erkenntnisse	3
3.1 Begriff „VSM“	3
3.2 Forschungen und Arbeiten zum Thema VSM	5
4. Klassifizierung	9
5. VSM-Anwendungen	11
5.1 Schweiz	11
5.2 Ausland	12
6. Datengrundlagen	15
6.1 Daten für Dienste	15
6.1.1 Daten Schweiz	15
6.1.2 Daten Ausland	15
6.2 Datengrundlagen zur Verhaltensanalyse	17
6.2.1 Daten Schweiz	17
6.2.2 Daten Ausland	18
7. Wirkungsmechanismen von VSM-Massnahmen	25
8. Beurteilungsinstrumente und Kriterien	29
8.1 Begriffe und Zusammenhänge	29
8.2 Die Instrumente	30
8.3 Die Vergleichsverfahren	31
8.4 Verknüpfung Instrumente/ Verfahren/ VSM-Massnahmen	32

8.5	Konkretisierung und Eignung der Instrumente	34
8.6	Zusammenfassende Beurteilung und Übersicht	48
9.	Vorschlag „Planungsinstrument VSM“	57
9.1	Begründung des Vorschlags	57
9.2	Beispiele	61
9.2.1	Verkehrslenkung	61
9.2.2	Fahrerassistenzsysteme	63
9.2.3	Verkehrsinformation im OeV	64
10.	Zusammenfassung / Schlussfolgerungen	68
	Literaturverzeichnis	71
	Allgemeine Literatur zu VSM-Massnahmen und Instrumenten	71
	Literatur über Zustandsanalysen / Verkehrslage	73
	Literatur über Verkehrsbeeinflussung und Wirkungen	73

Anhänge

- 1 Dynamische Umlegungsmodelle /Verfahren nach Polumsky
- 2 Verfahren nach DNA
- 3 Das DRUM-Verfahren
- 4 Verfahren nach Schwerdtfeger
- 5 Zelluläre Automaten (CA)
- 6 Verkehrsfluss-Simulationsmodelle
- 7 Nachfragemodelle
- 8 Befragungsverfahren

Kurzfassung

<i>Problemstellung</i>	<p>Mit den heute gebräuchlichen Evaluationsinstrumenten können spezifische Wirkungsmechanismen und Nutzen von Verkehrssystemmanagement-Massnahmen (VSM-Massnahmen) häufig nur ungenügend abgebildet werden. Die Forschungsarbeit will klären, wie weit neue Instrumente dafür besser geeignet sind und wie diese für die Planung und Evaluation von VSM-Massnahmen eingesetzt werden können.</p> <p>Auf Wunsch des ASTRA werden vor allem ausländische Unterlagen ausgewertet sowie in einem ersten Arbeitsschritt auch überschlägig Wirkungspotenziale von VSM-Massnahmen analysiert.</p>
<i>VSM-Massnahmen</i>	<p>VSM-Anwendungen werden heute hauptsächlich in Agglomerationen und auf Autobahnen eingesetzt. Dazu zählen Mittel zur kollektiven und individuellen Zielführung, dynamische Parkplatz- und Park&Ride-Informationen, Verkehrsbeeinflussungssysteme, Reiseinformationssysteme sowie Massnahmen zur Anschlusssicherung bei kollektiven Transportmitteln.</p>
<i>Analyse von Forschungen</i>	<p>Forschungsarbeiten zu VSM-Systemen und ihren Wirkungen kommen mehrheitlich zu positiven Ergebnissen, die aber in der Regel für eine objektive Quantifizierung zu wenig differenziert respektive aussagekräftig sind.</p>
<i>Ungenügende Datenbasis</i>	<p>Ein zentrales Problem der Beurteilung von VSM-Massnahmen ist die im Allgemeinen ungenügende Datenbasis. Im Rahmen verschiedener Forschungsvorhaben sind Daten aufbereitet worden, die heute für spezifische Analysen zur Verfügung stehen. Ohne solche gezielten Erhebungen ist eine genaue Voraussage der Wirkungen von VSM-Massnahmen nicht möglich.</p>
<i>Planungs- und Evaluationsinstrumente</i>	<p>Neben bekannten Instrumenten wie konventionellen Umlegungsmodellen werden heute auch dynamische Umlegungsmodelle und Verkehrsfluss-Simulationsmodelle zur Überprüfung von kleinräumigen Netzsteuerungen, zur räumlich-zeitlichen Prognose von Verkehrszuständen ohne und mit Rückkoppelung der Empfehlungen sowie Befragungsmethoden angewendet.</p>
<i>Wirkungsmechanismen</i>	<p>Die verschiedenen Forschungen und Arbeiten zeigen, dass, soweit Erfahrungen vorliegen, positive Wirkungen überwiegen. Bei den verkehrlich erzielbaren Wirkungen muss allerdings sowohl hinsichtlich des Ausmasses der gewünschten Beeinflussung als auch in Bezug auf den Zeitpunkt der Wirkung unterschieden werden. In Abhängigkeit vom Verbreitungsgrad und von den Erfahrungen nehmen die Einflussmöglichkeiten zu.</p>

*Instrumente
und deren
Eignung*

Die Instrumente zur Planung und Evaluation von VSM-Massnahmen können in einfache (Schätzungen, Hochrechnungen, etc.) und komplexere (Umlegungsmodelle, Nachfragemodelle, Verkehrsflusssimulationsmodelle, Befragungen, u.a.) unterteilt werden.

Insbesondere den Umlegungs- und Verkehrsnachfragemodellen kommt heute in der Verkehrsplanung eine grosse Bedeutung zu. Hier sind vor allem die Entwicklungen bei dynamischen Umlegungsmodellen sehr interessant.

Im Zusammenhang mit VSM-Massnahmen bieten in einer ersten Stufe die Modelle mit dynamischer Umlegung eine bessere Abbildung der Wirkungen; echte Verbesserungen bringen Modelle, die dynamisch den jeweils aktuellen Massnahmenzustand und Informationsgrad der Verkehrsteilnehmer berücksichtigen und mit der Nachfrage rückkoppeln.

Für einzelne Massnahmen (z.B. LSA-Steuerungen) sind erprobte Instrumente, die den Anforderungen genügen, bekannt und im Einsatz. Neue Instrumente sind hingegen erforderlich, wo

- VSM-Massnahmen indirekt auf die Nachfrage einwirken
- VSM-Massnahmen die Nachfrage kontinuierlich verändern
- Akzeptanz und Reaktionsmuster sich laufend verändern
- die momentane Wirkung permanent mit den Massnahmen und den Reaktionen rückgekoppelt werden müsste

Dabei sind neben der Abbildungsgenauigkeit weitere Kriterien für den praktischen Einsatz heranzuziehen wie beispielsweise Datenversorgungsaufwand und Rechengeschwindigkeit der Instrumente.

Empfehlung

Wenn es um die Beurteilung von VSM-Massnahmen geht, schneiden insbesondere mikroskopische Modelle sowie Befragungsmethoden vorteilhaft ab. Sie sind im Allgemeinen auch für den Vergleich von VSM-Massnahmen mit anderen Massnahmen geeignet. Daraus werden folgende Empfehlungsvorschläge für Weiterentwicklungen für ein „Planungsinstrument VSM“ unterbreitet.

- Kurzfristig können mit zeitabhängigen Umlegungsmodellen, mikroskopischen Nachfragemodellen sowie optimierten Befragungsverfahren Verbesserungen erreicht werden. Speziell im Bereich der Befragungsverfahren ist eine Vereinheitlichung der Erhebungsmethodik, eine stärkere Übertragbarkeit und Zusammenführbarkeit mit anderen Erhebungen anzustreben.

(Forts.)

- Empfehlung (Forts.)* - Längerfristig wird eine stärkere Integration dynamischer Nachfrage- und Netzmodellen eine erhöhte Abbildungsgenauigkeit ermöglichen. VSM-spezifische Datenerhebungen sollten sich grundsätzlich dafür eignen. Verhaltensreaktionen eine wichtige Voraussetzung. Im Hinblick auf eine breite Akzeptanz sollte die Verfügbarmachung von Open Source –Simulationsanwendungen geprüft werden.
- Beispiele* Anhand dreier Beispiele (Verkehrslenkung, Fahrerassistenzsysteme und Verkehrsinformation OeV) wird gezeigt, wie das Vorgehen beim Einsatz der empfohlenen Planungsinstrumente (mikroskopische Verkehrssimulationsinstrumente sowie Befragungsverfahren) aussehen könnte.
- Weiteres Vorgehen* Das weitere Vorgehen sollte sich einerseits auf prototypische Anwendungen dynamisierter Modelle, andererseits auf die Methodenforschung konzentrieren. Sinnvoll ist eine prototypische Anwendung an einem ausgesuchten, überschaubaren Anwendungsfall für eine dynamische Simulation des Verkehrsablaufs. Darauf aufbauend sollten Richtlinien zur Untersuchung von VSM-Massnahmen für das Instrumentarium und die Methodik erarbeitet werden. Dabei sollten, soweit vorhanden, zugleich auch Befragungsergebnisse (z.B. aus Stated Response Erhebungen) genutzt werden. Ausserdem bedarf es vertiefter methodischer Arbeiten zur besseren und direkteren Umsetzung von Befragungen in Simulationsmodelle. Richtlinien zur Gestaltung, Umsetzung und Anwendung sichern die oben angesprochene Vereinheitlichung und Übertragbarkeit.

Résumé

- Problème** Avec les instruments d'évaluation couramment utilisés aujourd'hui, il n'est souvent possible de ne reproduire qu'insuffisamment les mécanismes d'effet ou les bénéfices des mesures de systèmes de management du trafic (mesures SMT). Les travaux de recherche ont pour objet de définir dans quelle mesure de nouveaux instruments sont mieux adaptés à cet effet et comment ces derniers peuvent être utilisés pour la planification et l'évaluation de mesures SMT.
- Mesures SMT** Les applications SMT sont aujourd'hui principalement utilisées dans les agglomérations et sur les autoroutes. On compte notamment parmi ces applications, des moyens de guidage collectifs et individuels, des informations dynamiques sur les places de parking et le Park&Ride, des systèmes d'intervention sur le trafic, des systèmes d'information sur la circulation ainsi que des mesures portant sur la garantie de correspondances dans le cas des transports en commun.
- Analyse des études** Les études concernant les systèmes SMT et leurs effets conduisent majoritairement à des résultats positifs, qui sont toutefois en principe trop peu différenciés ou insuffisamment significatifs pour permettre une quantification objective.
- Bases de données insuffisantes** Un des problèmes essentiels dans le cadre de l'évaluation de mesures SMT est en général l'insuffisance de données. Dans le cadre de différents projets de recherche, des données qui sont aujourd'hui disponibles pour des analyses spécifiques ont été traitées. En l'absence de ce genre d'enquêtes ciblées, une prédiction exacte des effets de mesures SMT est en effet impossible.
- Instruments de planification et d'évaluation** Outre les instruments connus comme les modèles de ventilation conventionnels, on utilise également aujourd'hui des modèles d'affectation dynamiques et des modèles de simulation du flux du trafic pour vérifier les gestions du réseau à petite échelle, pour effectuer des prévisions dans le temps et dans l'espace sur l'état du trafic, sans et avec rétro-contrôle des recommandations, ainsi que des méthodes d'enquête.
- Mécanismes d'action** Les différentes recherches et travaux démontrent que dans la mesure où des expériences sont disponibles, les effets positifs prédominent. Concernant les effets possibles en matière de trafic, il convient toutefois de faire des distinctions, tant pour ce qui concerne la portée de l'influence souhaitée et pour le moment de l'effet. Les possibilités d'influence augmentent en fonction du niveau de diffusion et des expériences.

Les instruments et leur adéquation

Les instruments dédiés à la planification et à l'évaluation de mesures SMT peuvent être répartis entre la catégorie des outils simples (estimation, etc.) et plus complexes (modèles de transposition, modèles de demande, modèles de simulation de flux du trafic, enquêtes d'opinion, etc.).

Les modèles concernant l'affectation du trafic ainsi que les modèles de demande en matière de transport prennent aujourd'hui de plus en plus d'importance dans le cadre de la planification du trafic. Dans ce domaine, ce sont surtout les développements des modèles d'affectation dynamiques qui sont très intéressants.

En liaison avec les mesures SMT, ce sont dans un premier temps les modèles avec une affectation dynamique qui autorisent une meilleure reproduction des effets; les modèles intégrant de manière dynamique l'état instantané des mesures, le niveau d'information des usagers et assurant le rétrocontrôle avec la demande apportent des améliorations réelles.

Concernant les différentes mesures (p. ex. commandes d'installations de signalisation lumineuses) des instruments éprouvés, satisfaisant les exigences, sont connus et en cours d'utilisation. En revanche, de nouveaux instruments sont nécessaires, lorsque

- les mesures SMT agissent indirectement sur la demande
- les mesures SMT modifient constamment la demande
- l'acceptation et les modèles de réaction varient constamment
- l'effet momentané devrait être en permanence rétro-contrôlé avec les mesures et les réactions

À cet égard, il convient outre la précision de la reproductibilité, de considérer d'autres critères pour l'utilisation pratique, comme l'approvisionnement en données et la vitesse de calcul des instruments.

Recommandation

Lorsqu'il s'agit de l'évaluation de mesures SMT, ce sont principalement les modèles microscopiques et les méthodes d'enquête qui semblent être les plus avantageuses. Elles conviennent de manière générale également pour la comparaison de mesures SMT à d'autres mesures. À partir de là, on soumet les propositions de recommandation suivantes concernant les perfectionnements d'un „instrument de planification SMT“.

- À court terme, on peut obtenir des améliorations à partir de modèles d'affectation asservis au temps, de modèles de demande microscopiques ainsi que de procédures d'enquêtes optimisées. Il convient, notamment dans le domaine des procédures d'enquête, de rechercher une harmonisation des méthodes d'enquête, de meilleures possibilités de transposition et de fusion avec d'autres enquêtes.

- À plus long terme, une intégration plus forte de modèles de demande et de réseaux dynamiques permettra une précision de reproductibilité accrue. Les collectes de données spécifiques aux SMTs devraient en principe convenir à cet effet. Les réactions comportementales sont une condition préalable importante. Dans la perspective d'une acceptation large, il convient de vérifier la possibilité de mettre à disposition des applications de simulation Open Source.

Exemples À partir de trois exemples (régulation du trafic, système d'assistance du conducteur et système d'information sur le trafic TC) on démontre, l'aspect que pourrait avoir la procédure lors de l'utilisation des instruments de planification recommandés (instruments de simulation du trafic microscopiques et méthodes d'enquête).

Méthodes complémentaires Les méthodes complémentaires devraient d'une part se concentrer sur des applications prototypiques de modèles dynamisés, d'autre part sur l'analyse des méthodes. Une application prototypique dans un cas pratique choisi, bien maîtrisé semble judicieuse pour une simulation dynamique de l'écoulement du trafic. En se basant là-dessus, il convient d'élaborer des directives relatives à l'analyse de mesures SMT pour l'instrumentation et la méthodologie. À cet égard, il convient également d'utiliser dans la mesure où ils sont disponibles les résultats des enquêtes (par exemple des enquêtes à réponses déclarées). De surcroît, il est nécessaire de recourir à un travail méthodique approfondi pour permettre une mise en oeuvre meilleure et une transposition directe des enquêtes dans les modèles de simulation. Des directives relatives à la présentation, à la mise en oeuvre et à l'utilisation garantissent l'homogénéisation et la portabilité mentionnées précédemment.

Summary

<i>The problem</i>	Using normal evaluation instruments currently available, specific mechanisms of action and the benefits of transport management system measures (TMS measures) can often only be depicted in an unsatisfactory manner. This research project has the intention of clarifying to what extent new devices are better suited and how these can be employed for the planning and evaluation of TMS measures.
<i>TMS measures</i>	These are mainly being employed in conurbations and on motorways. Included in these are means for collective and individual traffic guiding, dynamic parking lot and park & ride information, traffic influencing systems, travel information systems, plus measures to ensure good connections for collective modes of transport.
<i>Analysis of research</i>	The results of research projects on TMS systems and their effects are mainly positive. However, these generally exhibit little variance or are of insufficient significance to enable objective quantification.
<i>Insufficient pool of data</i>	A central problem in the assessment of TMS measures is the generally insufficient pool of data. Within the activities of various research projects, data has been prepared that is now available for specific analyses to be carried out. Without such well-directed surveys, a precise forecast of the effects of TMS measures is not possible.
<i>Planning and evaluation instruments</i>	Along with instruments such as conventional apportionment models, dynamic methods for apportionment and traffic flow simulation are employed for verifying small scale network controls for enabling spatiotemporal prognosis of traffic situations, both with and without feedback in respect of recommendations and survey methodology.
<i>Instruments and their suitability</i>	<p>Instruments for the planning and evaluation of TMS measures can be subdivided into simple (estimates, projections etc.) and more complex ones (apportionment models, demand models, traffic flow models, surveys, etc.).</p> <p>Apportionment and traffic demand models in particular are of great significance in traffic planning. It is here that above all the developments in dynamic apportionment are of particular interest.</p> <p>In connection with TSM measures, models using dynamic apportionment offer a better depiction of the effects. Real improvement is achieved by models that take into account dynamic feedback of the current status of measures implemented and of the degree of information pertaining to road users and then link these with demand.</p>

For individual measures (e.g. traffic light control systems), proven instruments that can cope with demands are known and in use. However, new instruments are required where

- TMS measures have an indirect influence on demand
- TMS measures continually change demand
- acceptance and reaction patterns continually change
- the current effect would have to be permanently linked with measures and reactions

During this, further criteria for practical use, such as the effort required for data provision and the calculation speed of the instruments, are to be drawn in along with accurate depiction.

Recommendation If it is a question of the assessment of TMS measures, microscopic models, plus survey methods, do particularly well. In general, these are also suitable for the comparison of TMS measures with other ones. As a result of this, the following suggested recommendations for further development in the direction of a 'TMS planning instrument' will be put forward:

- In the short term, improvements can be achieved using time-dependent apportionment models, microscopic demand modules, plus optimized survey methods. With particular regard to survey methods, a standardization of the enquiry methodology, plus greater facilities for transfer and amalgamation with other surveys, is to be aimed for.
- In the long term, greater integration of dynamic demand and network models will permit a raised level of accuracy of illustration. TMS-specific data collections ought to be fundamentally suitable for this. Behavioural reactions are an important prerequisite. With regard to a broad acceptance, the availability of open source simulation applications should be investigated.

Further procedure: On the one hand, further procedure ought to concentrate on prototypical applications of energized models and on the other on methodology. It makes sense to have a prototypical application on a well-chosen and manageable scenario to achieve a dynamic simulation of the traffic's sequence of events. On this basis, guidelines for the examination of TMS measures for the apparatus and the methodology should be worked out. At the same time, use ought also to be made at the same time of the results of surveys (e.g. those for stated response surveys), in so far as they are available. Apart from this, there is a requirement for more in-depth methodical work on better and more direct implementation of surveys in simulation models. Guidelines for their design, implementation and use will safeguard the simplification and transferability touched upon above.

1. Aufgabenstellung

1.1 Ausgangslage

Um die Effizienz des Verkehrssystems zu erhöhen, werden heute vielfach auch Massnahmen des Verkehrssystem-Managements (VSM) in Betracht gezogen. Der Nutzen solcher VSM-Massnahmen ist teilweise verschieden vom Nutzen reiner Infrastrukturprojekte, wird aber auf der Suche nach geeigneten Lösungen häufig demselben Evaluationsprozedere unterzogen.

Bei solchen Evaluationsprozessen wurden lange Zeit konventionelle Verfahren eingesetzt, um die Wirksamkeit von Verkehrssystem-Management-Massnahmen (VSM-Massnahmen) im Rahmen von Infrastrukturprojekten abzuschätzen. Das sozio-ökologische Umfeld, das tatsächliche Reaktionspotenzial, beeinflusst durch tief verwurzelte Mobilitätsverhaltensweisen oder durch bislang zu wenig beachtete Entscheidungsrestriktionen, die im persönlichen Lebensumfeld der Person liegen, wurde nicht ausreichend berücksichtigt. Damit wurde (und wird) einerseits die Wirksamkeit solcher Massnahmen teilweise falsch eingeschätzt, andererseits ihr tatsächlicher Nutzen mit den gebräuchlichen Planungsinstrumentarien nur ungenügend erfasst.

Dies ist nicht zuletzt auch darauf zurückzuführen, dass keine Vergleichsmöglichkeiten existierten oder diese zuwenig beachtet wurden, sofern vergleichbare Methoden in anderen Wissenschaftsbereichen - beispielsweise im Bereich des „Consumermarketing“¹ - existierten.

In vielen Bereichen – beispielsweise bei der flächendeckenden, zuverlässigen Verkehrsinformation – sind die Zeiträume, in denen Wirkungen eintreten, zu knapp geschätzt worden. Ebenfalls wurden Rückkoppelungen, die durch eine Akzeptanz und Reaktion auf die Massnahmen eintraten, zu wenig berücksichtigt.

Instrumente zur Evaluation sind zwar vorhanden, können aber die spezifischen Wirkungsmechanismen und Nutzen der VSM-Massnahmen häufig nur ungenügend abbilden. Diese Lücke soll mit dieser Forschungsarbeit geschlossen werden.

1.2 Auftrag

Auf obigen Überlegungen aufbauend wurde der Auftrag wie folgt formuliert:

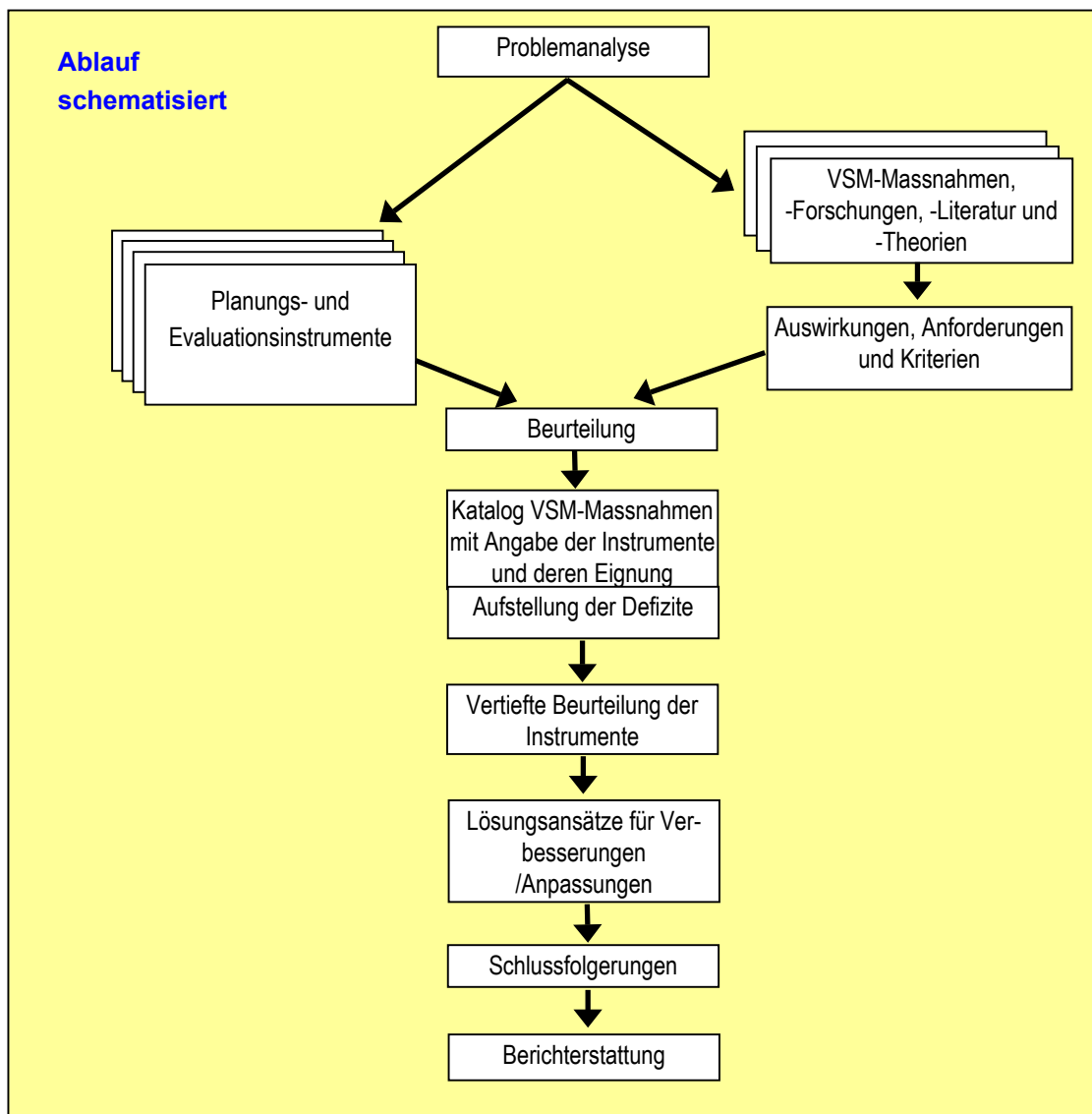
Im Rahmen der Forschungsarbeit ist zu prüfen, unter welchen Voraussetzungen die heutigen Instrumente auch für die Planung und Evaluation von VSM-Massnahmen eingesetzt werden können. Es sind Vorschläge auszuarbeiten hinsichtlich Erweiterung dieser Planungsinstrumente oder neuer Planungsinstrumente. Zudem ist aufzuzeigen, wie weit sich diese Instrumente für den Vergleich von VSM-Massnahmen mit anderen Massnahmen eignen.

Auf Wunsch des ASTRA werden vor allem ausländische Unterlagen ausgewertet und daneben auch Wirkungspotentiale von VSM-Massnahmen analysiert.

¹ Im Consumermarketing wird bei den Methoden zur Bewertung eines neuen Produkts davon ausgegangen, dass ein entsprechender Anreiz geschaffen werden muss, damit ein Kunde ein Produkt akzeptiert und sich damit so verhält, wie es der Anbieter möchte.

2. Vorgehen

Der Lösungsansatz zielt in einer ersten Phase (Zwischenbericht) auf eine Zusammenstellung von VSM-Anwendungen und -Erfahrungen sowie Erfahrungen mit Planungs- und Evaluationsinstrumenten ab. Gemäss Auftrag ASTRA werden vor allem ausländische Unterlagen ausgewertet. Gleichzeitig wird aber im Sinne der Aufgabenstellung auch eine erste Zusammenstellung und VSM-spezifische Beurteilung von im Markt befindlichen Planungs- und Evaluationsinstrumenten unternommen. In der vorgesehenen zweiten Phase werden Vorschläge erarbeitet, wie die Instrumente – soweit sie geeignet sind – angepasst, verfeinert oder ergänzt werden können, damit sie für eine Bewertung und Beurteilung von VSM-Massnahmen eingesetzt werden können. Schematisiert sieht das Vorgehen wie folgt aus:

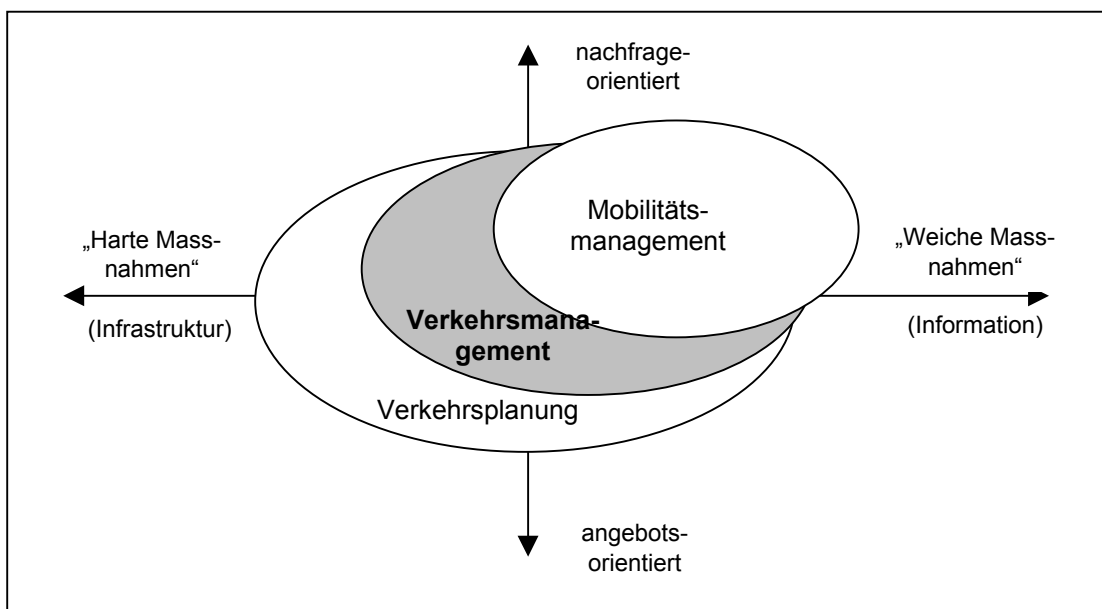


3. Begriff, Abgrenzung und Erkenntnisse

3.1 Begriff „VSM“

Als Verkehrsmanagementsystem oder Verkehrssystemmanagement (VSM) wird die direkte Beeinflussung von Angebot und Nachfrage vor allem durch organisatorisch-betriebliche Massnahmen unter weitgehendem Verzicht auf baulich-infrastrukturelle Massnahmen bezeichnet. Es werden nur noch diejenigen baulichen Massnahmen einbezogen, die zur Umsetzung von Massnahmen aus dem betrieblichen, organisatorischen und informatorischen Bereich erforderlich sind. Die FGSV [16] ordnet VSM wie folgt ein:

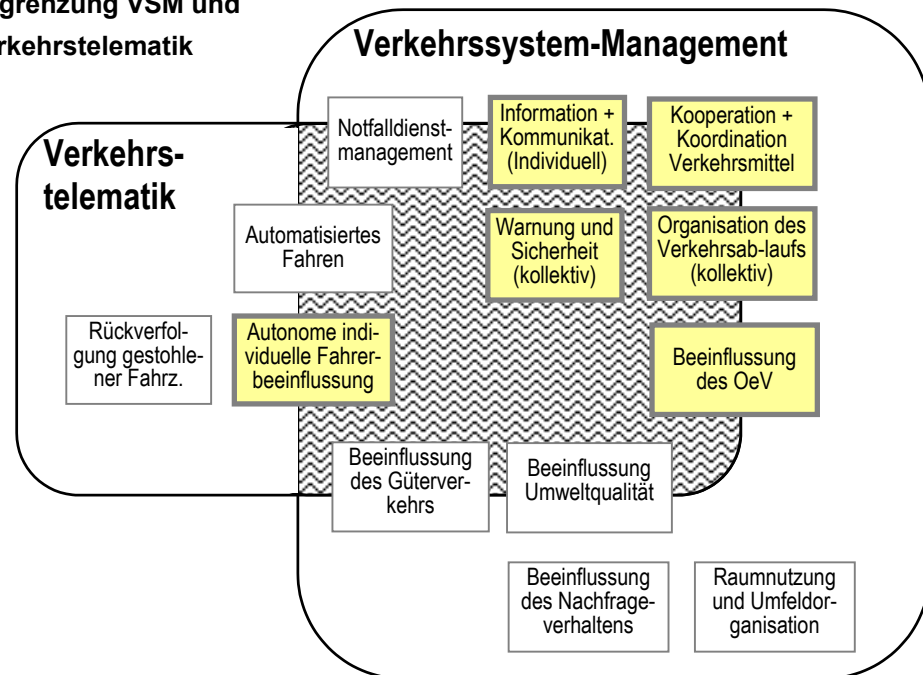
Abb. 1 : Kennzeichnung und Einordnung von VSM-Massnahmen



Dabei werden unter VSM gemäss FGSV in erster Linie technische und organisatorisch-betriebliche Innovationen verstanden, die den Ausbau von Verkehrsinfrastrukturen weitgehend – oder zumindest teilweise – erübrigen. Damit sind annähernd die gleichen Massnahmen angesprochen die heute unter dem Begriff Verkehrstelematik verstanden werden.

Dabei darf „VSM“ nicht mit „Verkehrstelematik“ gleichgesetzt werden. Verkehrstelematik als Kombination von Telekommunikation und Informatik setzt zwingend ein Subsystem beim Abfrager und ein externes Subsystem (Strassenrand, Weltraum) voraus, zwischen denen eine Kommunikation stattfindet. Ein VSM kennt demgegenüber auch Elemente, die ohne Subsystem beim Abfrager auskommen. Gemäss früheren Untersuchungen [2] können VSM und Verkehrstelematik wie folgt abgegrenzt werden (vgl. umseitige Abbildung).

Abb. 2 : Abgrenzung VSM und Verkehrstelematik



Die Abbildung zeigt, dass VSM und Verkehrstelematik nicht deckungsgleich sind, sich aber in dem Bereich überschneiden, der für diese Untersuchung im Vordergrund steht. Die entsprechenden VSM-Elemente sind hervorgehoben. Gemäss SN 640 871 [7] werden Massnahmen der Strassenverkehrstelematik wie folgt gegliedert:

Tab. 1: Systematisierung der Verkehrstelematik-Anwendungen (gemäss SN 640 871)

Verkehrs- und Reiseinformation	Information vor Reiseantritt Information während der Reise Fahrgastinformation während Reise Serviceinformationen Routeninfo und Zielführung	Öffentlicher Verkehr	OeV-Betriebsleitung Nachfrageabhängiger OeV Fahrgemeinschaften und Fahrzeuggemeinschaften
Verkehrsmanagement	Verkehrsdatenerfassung/-aufbereit. Verkehrsbeeinflussung Störungsmanagement Nachfragemanagement Vollzug / polizeiliche Überwachung	Notfalldienste	Notruf und Diebstahlwarnung Management der Einsatzfahrzeuge Management von Ausnahmegütern
Fahrzeugführerunterstützung und Fahrzeugüberwachung	Sichtverbesserung Automatische Fahrzeugsteuerung Kollisionsvermeidung Überwach. Sicherheitsbereitschaft Kollisionsschutzmassnahmen	Elektronische Bezahlung	Elektronische Bezahlung
Güter- und Flottenmanagement	Automat. Kontrolle Fahrberechtigung Automat. Abläufe für Fahrberechtig. Sicherheitskontrollen u. Überwachung Flottenmanagement	Sicherheit	Sicherheit der Reisenden Unterstützung Sicherheit Langs.verkehr Unterstützung Sicherheit an Kreuzungen

Beim VSM sind grundsätzlich innerstädtische, agglomerationsbezogene und VSM ausserhalb der Agglomerationen zu unterscheiden. Aufgrund der Verkehrsentwicklung in grossen Ballungsräumen, die sich zwar in den meisten Fällen seit den 90er Jahren verlangsamt hat, die aber viele Ballungsräume vor grosse Probleme stellt, sind hier die meisten Vorhaben zu verzeichnen.

VSM ausserhalb von Agglomerationen konzentrieren sich auf zwei hauptsächliche Erscheinungsformen: **Verkehrsbeeinflussungsanlagen** auf Teilstrecken, meist von Schnellstrassen, und **Verkehrsinformationssysteme**. Prinzipiell wären auch **Road Pricing** Konzepte hier einzuordnen, wenn geeignete Umsetzungen existieren würden, die mit dem Hintergrund und den Merkmalen einer Verkehrssteuerung ausgestattet wären.

Die heute eingesetzten städtischen VSM bestehen aus einer Reihe von Komponenten:

Im Bereich öffentlicher Verkehr:

- Informationsvernetzung zwischen rechnergestützten Betriebsleitsystemen (Stadtbahn, Strassenbahn, Bus) und Betriebsmeldesystem (U-Bahn, S-Bahn)
- Anschlusssicherung an den Übergangspunkten Bus-Bahn
- Taktfahrplan auch im Regionalverkehr

Im Bereich Individualverkehr:

- Verknüpfung von innerörtlicher und ausserörtlicher Steuerung
- Gemeinsame Schnittstellen für individuelle und kollektive Leitsysteme
- Kopplung von kollektiven und on-line Informationssystemen

Integration auf Steuerungs- und Informationsebene von Individual- und öffentlichem Verkehr:

- Lichtsignalsteuerung für den MIV mit ausgewogener OeV-Priorisierung
- Informationssysteme zur pre-trip² und on-trip² Information mit kombiniertem Routing für durchgängige Fahrketten
- Dynamische Park-and-Ride-Information

Weitergehende Ansätze wie Cordon Pricing (ringförmige Gebührenerhebung) wurden teilweise in Europa umgesetzt und erstmalig im Rahmen des Feldversuchs MobilPass in Stuttgart umfassend auf die Wirkungen hin evaluiert (siehe Datengrundlagen, Kap. 6.2).

3.2 Forschungen und Arbeiten zum Thema VSM

Schweiz

Eine erste Strukturierung und Abschätzung von VSM-Wirkungen wurde von Jenni+Gottardi [2] im Forschungsbericht „Einsatzmöglichkeiten und Wirksamkeit von VSM-Massnahmen in der Schweiz“ vorgenommen.

² Pre trip = vor Fahrtbeginn, on trip = während der Fahrt

Abay & Meier [3] entwickelten in der Studie „Zweckmässigkeitskriterien für Infrastruktureinrichtungen von Verkehrstelematik-Systemen“ einen Kriterienraster, mit dem Infrastruktureinrichtungen von geplanten Strassenverkehrstelematik-Systemen beurteilt und bewertet werden können. Als Bewertungsverfahren für Massnahmen, die Anlagen der öffentlichen Hand tangieren, wird hier die Kosten-Nutzen-Analyse empfohlen.

Dieselben Autoren zeigen in ihrer Arbeit zu den „Wechselwirkungen Individualverkehr – öffentlicher Verkehr in der Verkehrstelematik“, wie sich diese Systeme auf die Verkehrsmittelwahl auswirken und ob mit den bestehenden Instrumenten der Verkehrsplanung diese Wechselwirkungen abgeschätzt werden können.

Daneben sind nur wenige Arbeiten bekannt, die sich mit konkreten Wirkungen von VSM-Massnahmen in der Schweiz auseinandersetzen. Zu nennen sind hier verschiedene Wirkungsanalysen von Verkehrsbeeinflussungseinrichtungen auf Hochleistungsstrassen von Jenni+Gottardi und R. Keller [4], [5] und [6], sowie Analysen zu Zufahrtskontrollen und Rampendosierungen von P. Pitzinger [9] und Jenni+Gottardi [10]. Bei einer weiteren zukunftsweisenden VSM-Massnahme, dem multimodalen Informationsinstrument TRANS-3 in der Region Basel, weist der Schlussbericht [58] ermutigende Ergebnisse aus.

Ausland

Wirkungspotenziale der Verkehrstelematik zur Verbesserung der Verkehrsinfrastruktur- und Verkehrsmittelnutzung wurden in einer ganzen Reihe von Untersuchungen erforscht – vor allem im Rahmen diverser EU-Projekte, die unter dem Oberbegriff „Intelligent Transport Systems (ITS)“ zusammengefasst werden können. Darunter finden sich sehr unterschiedliche Massnahmen. Beispiele typischer EU-Verbundprojekte in denen diverse Massnahmen umgesetzt wurden, sind das Projekt ROMANSE in England und QUARTET-PLUS, in das mehrere europäische Städte involviert waren. Die Bandbreite der Massnahmen reicht von typischen Verkehrssteuerungen wie neue, testweise installierte verkehrsabhängige Lichtsignalsteuerungen bis hin zu typischen Verkehrstelematikmassnahmen mit statischer und dynamischer Information über den Verkehr. Bei den entsprechenden Untersuchungen wurden in den meisten Fällen Kundenbefragungen durchgeführt, zumindest bei solchen Massnahmen, die Verkehrsteilnehmern als Prototyp zur Verfügung gestellt wurden. Dominierend waren hier qualitative Befragungen entweder prospektiver Art etwa mit Fragen wie „...was müsste der Dienst leisten, damit sie ihn benutzen würden...“, oder mit retrospektiven Befragungen in der Art „...wie beurteilen sie den Dienst...“. Diese Evaluierungen ergeben meist nur subjektive Ergebnisse und sind als objektives Quantifizierungsinstrument in der Regel nicht geeignet.

Auch in den USA sind entsprechende Erkenntnisse bei der Evaluation von ITS-Massnahmen in Veröffentlichungen publiziert worden. So wurde bereits 1995 von Bailey u.a. [53] auf diese oben beschriebene Problematik hingewiesen. Dort kam man wie bei den europäischen Projekten zum Ergebnis, dass als Schlüssel zur korrekten Beurteilung von ITS-Massnahmen eine

umfassende, langfristige Beobachtung erforderlich ist, die allerdings aus methodischen Gründen parallel eine Kontrolluntersuchung benötigt, um allgemeine Entwicklungen zu erfassen.

Die Beeinflussbarkeit des Verkehrsverhaltens wird bei etlichen dieser Veröffentlichungen nachgewiesen, doch sind die Erkenntnisse bez. Beeinflussung nicht auf schweizerische Verhältnisse übertragbar. Diese Studien werden hier deshalb nicht weiter ausgewertet.

Vertiefte Erkenntnisse in Bezug auf Abhängigkeiten und Verhaltensmuster ergeben sich im Zusammenhang mit Wirkungsanalysen bei verschiedenen grösseren nationalen Projekten und Studien in Europa. Hier sind die Projekte REKENINGRIJDEN (Holland); Cordon Pricing Trondheim (Norwegen), sowie STORM und MUNICH COMFORT (Deutschland) zu nennen.

Auch bei den beiden Projekten in Holland und Norwegen wurden eingehende Wirkungsanalysen durchgeführt und analysiert. So belegen Boot et al. [55] sowie Visser et al. [56] Belastungsabnahmen von bis zu 30% in Holland und Small/Gomez-Ibanez [57] von schliesslich noch ca. 5% in Trondheim, doch liefern auch hier die durchgeführten Befragungen nur subjektive Ergebnisse, die als Grundlage für eine objektive Quantifizierung nicht geeignet sind.

Kühne [40] zieht aus den drei Pilotprojekten STORM, MUNICH COMFORT und QUARTET PLUS ein Resumé und kommt zum Ergebnis, dass der Anteil beeinflusster Fahrten je nach Situation und Verfügbarkeit von Alternativen stark schwanken kann. Mögliche Veränderungen liegen zwischen wenigen Prozenten (Personen würden dynamischen Empfehlungen sicher folgen und auch Verkehrsmittelwechsel in Kauf nehmen) bis hin zu 40% der befragten Personen, die angaben, aufgrund der verbesserten Information gelegentlich den OeV zu nutzen. Unklar ist bei den Befragungsergebnissen jedoch, ob es sich um Ersatzfahrten handelt oder um zusätzliche Fahrten.

Prognos et. al. [49] untersucht und bewertet die Umweltwirkungen einzelner ausgewählter Telematiksysteme im Strassenverkehr. In der Studie wird zwischen Ressourcenverbrauch, Klimarelevanz, toxischen Stoffen und Lärm unterschieden und diese Problembereiche anhand von Annahmen und Berechnungen für zwei exemplarische Untersuchungsräume analysiert. Es wird festgestellt, dass neben positiven Beiträgen auch negative Wirkungen möglich sind. Nur wenige der untersuchten Telematiksysteme weisen positive resp. deutlich positive Auswirkungen in mehr als einem der obengenannten Problembereiche auf.

Positiver sind die Schlussfolgerungen von Prognos/Keller [50], die sich allerdings auf die verkehrlichen Wirkungspotenziale von verbreiteten Telematiksystemen beschränken – sowohl verkehrsträgerspezifisch als auch intermodal. Die Wirkungsermittlung stützt sich auf Erkenntnisse aus der Literatur, Expertenbefragungen sowie persönliche Erfahrungen. Bei geeigneter Ausgestaltung der Verkehrsnetze können Telematiksysteme, so das Fazit der Studie, wichtige Beiträge zur Entschärfung der Verkehrsprobleme leisten.

Steinauer et al. [36] haben die Wirkungen von Alternativroutensteuerungen untersucht. Sie kamen zu dem Ergebnis, dass nur etwa 30% des umleitbaren Anteils tatsächlich der Empfeh-

lung folgen. Dies hängt laut dem Untersuchungsergebnis aber auch von der Weite der Netzmaschen ab.

Beckmann et. al. [48] untersuchten den Einfluss von individuellen Verkehrsinformationssystemen im Zusammenspiel mit kollektiven Informationsanlagen. Sie haben die Methode der Simulation für die Untersuchung angewandt, aber selbst eingeschränkt, dass eine Reihe von Annahmen zur Nutzung und Befolgung dieser Informationen getroffen wurden, denen keine Erhebungsdaten zugrunde lagen. Sie kommen zu dem Ergebnis, dass die räumlichen und verkehrlichen Rahmenbedingungen einen erheblichen Einfluss auf die Wirkungen haben. So bestimmt die Netzdichte (der Vermaschungsgrad) des übergeordneten, aber auch die des untergeordneten Strassennetzes, die Anzahl und Qualität der Alternativrouten und damit die Nutzungsmöglichkeiten dieser Alternativen gerade für individuell Informierte. Es wird aber auch klar herausgearbeitet, dass es bei hohen Verbreitungsraten zu Widersprüchen zwischen kollektiven und individuellen Empfehlungen kommen kann und dass zudem durch die kollektive Information freie Kapazitäten für die Nutzer individueller Informationssysteme geschaffen werden können. Als wesentliche Forderung leiten sie daher eine Zusammenarbeit zwischen Betreibern individueller und kollektiver Informationssysteme ab.

Eine derartige Harmonisierung kann aber immer nur zu einem Nutzeroptimum führen, auch wenn von Seiten der öffentlichen Hand eher ein Systemoptimum angestrebt werden würde. Die Diskrepanz zwischen den beiden Optima hat Zackor [15] aufgezeigt.

Fazit

Mit der zunehmenden Verbreitung von VSM-Massnahmen finden sich auch immer mehr Studien und Forschungsarbeiten zu diesen Systemen und ihren Wirkungen – vor allem im Ausland. Sie kommen mehrheitlich zu positiven Ergebnissen.

Viele der durchgeführten Untersuchungen im In- und Ausland ergeben meist nur subjektive Ergebnisse und sind als objektives Quantifizierungsinstrument kaum geeignet. Hierin unterscheiden sich die Vorgehensweisen in anderen Ländern nicht von den Untersuchungen in Deutschland, die damit stellvertretend angesehen werden können.

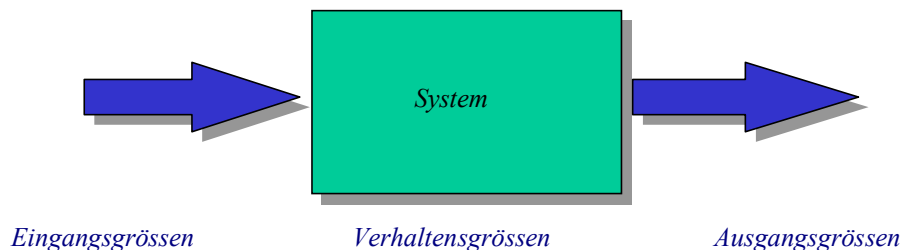
Als Schlüssel zur korrekten Beurteilung von VSM-Massnahmen ist eine umfassende, langfristige Beobachtung erforderlich, die aus methodischen Gründen parallel eine Kontrolluntersuchung benötigt, um allgemeine Entwicklungen zu erfassen. Wesentliche Effekte zeigen sich bei vielen Anwendungen erst nach mehreren Monaten Betrieb. Da extern angelegte Untersuchungen in der Regel zu kostspielig sind, um eine Evaluierung längerfristig durchzuführen, existieren solche nur, wo sie bereits zusammen mit der Planung der Massnahme konzipiert wurden.

4. Klassifizierung

Unter dem Blickpunkt der Wirkungsanalyse müssen die unterschiedlichen Kategorien der VSM-Systeme hinsichtlich ihres Wirkungshorizonts eingeordnet werden. Hierzu müssen die VSM-Massnahmen nach ihrer Verbindlichkeit der Beeinflussung beurteilt werden. Dazu sind gemäss Kühne REF[40] die folgenden Abstufungen sinnvoll:

- Verpflichtende Beeinflussung (Verbote, Gebote, Gebührenerhebung)
- Empfehlende Beeinflussung (Informationen, Hinweise aber auch Services)
- Betriebliche Verbesserungen (z.B. B2B³-Optimierungen, vom Kunden meist nicht direkt sondern nur indirekt wahrnehmbar)

Um eine Wirkung auf den Verkehrsteilnehmer zu ermitteln, können Methoden und Erkenntnisse aus der Systemtheorie helfen. Es gibt Eingangsgrössen (Wunsch zur Ortsveränderung und Präferenzen der Verkehrsteilnehmer, die Voraussetzungen für ihre Teilnahme am Verkehr, etc.), Verhaltensgrössen (Reaktionsmuster der Verkehrsteilnehmer bei bestimmten Systemzuständen) und Ausgangsgrössen (Netzzustand, Verkehrsmittelauslastung als Folge der „Systemreaktion“).



Die Systemtheorie unterscheidet zwischen folgenden Reaktionstypen:

Reaktionszeit	Ebene	Reaktion
Sehr lang	Evolution	Identitätswandel
Lang	Selbstorganisation	Strukturwandel
Mittel	Anpassung	Parameteränderung
Kurz	Rückkopplung	Regelung
Sofort	Prozess	Ursache-Wirkung

Übertragen auf den Verkehr kann ein Prozess näherungsweise einem Gebot oder Verbot zugeordnet werden (Geschwindigkeitsvorschriften, Fahrverbote, Lichtsignalanlagen, etc.). Hier besteht in der Regel ein zeitlich direkter Zusammenhang. Auf der Ebene der Rückkopplung

³ Business to business: direkte Abmachungen und Geschäftsvereinbarungen zwischen verschiedenen Unternehmen

kann der Einfluss beispielsweise von Umlaufzeiten an LSA auf Wartezeiten und Rückstaulänge eingeordnet werden. Auch dort ergeben sich noch relativ kurzfristig Reaktionen auf Änderungen. Da lassen sich aber auch Vorgaben durch Leitsysteme einordnen. Wegempfehlungen und dynamische Umleitungshinweise finden sich ebenfalls in dieser Kategorie. Der zeitliche Horizont ist im Bereich von einigen Minuten bis Stunden zu sehen.

Gleichzeitig sind diese Massnahmen aber auch in der Kategorie der Anpassung zu finden. Setzen sich die Erfahrungen (positive wie negative) mit einer entsprechenden Lenkungsmaßnahme bei den Verkehrsteilnehmern in Verhaltensweisen um, so kann auch hier von Anpassungen gesprochen werden.

Dies gilt auch für Verbesserungen im Service beispielsweise im OeV, wie Anschlusssicherungen, elektronische Fahrplaninformationen oder dynamische Fahrgastinformation. Hier stellen sich Veränderungen im Verhalten mit der Zunahme eigener Erfahrungen, Mund-zu-Mund-Verbreitung im Laufe von Wochen, Monaten oder sogar erst Jahren ein. Letzteres gilt sicherlich für einen messbaren Einfluss von Informationen zur Reiseplanung. Erst die zunehmende Verfügbarkeit für viele Verkehrsteilnehmer und die konsequente Qualitätsverbesserung der Dienste steigert ihre Akzeptanz und damit auch ihre messbare Wirkung auf seiten der Verkehrsteilnehmer. Systemseitig zu berücksichtigen ist allerdings, dass nicht jede Massnahme, die zur Erreichung des Nutzeroptimums dient, auch gleichzeitig das Systemoptimum zum Ziel hat.

Fazit

Bei VSM-Massnahmen müssen die Verbindlichkeit der Beeinflussung und unterschiedliche Kategorien hinsichtlich des Wirkungshorizonts beachtet werden. Verpflichtende Beeinflussungen wirken im Allgemeinen sofort. Auch empfehlende Beeinflussungen wirken noch relativ rasch, aber bei sehr unterschiedlichem und zumeist deutlich geringerem Wirkungsgrad. Betriebliche Verbesserungen hingegen werden vom Benutzer des Verkehrsangebots unter Umständen erst nach längeren Fristen wahrgenommen und führen dementsprechend auch erst nach und nach zu Verhaltensänderungen. Erst eine hohe Akzeptanz stellt hier eine ausreichende Wirkung sicher.

5. VSM-Anwendungen

Im Folgenden sollen einzelne ausgewählte Beispiele näher betrachtet werden, die stellvertretend für eine ganze Reihe ähnlicher VSM-Anwendungen stehen und bei denen, vor allem was die ausländischen Beispiele betrifft, dank umfangreicher Analysen die spezifischen Wirkungsmechanismen näher bekannt sind.

5.1 Schweiz

Kollektive Zielführung

Auf der A2 sind seit September 2001 kollektive Zielführungen im Zusammenhang mit dem sanierungsbedingten Engpass Belchentunnel in Betrieb. Mit wechselbaren Wegweisern wird bei Staugefahr der Transitverkehr im Belchentunnel auf alternative Strecken gelenkt. Jenni+Gottardi/R. Keller [4] zeigen in ihrer Wirksamkeitsuntersuchung, dass erhebliche Teile des betroffenen A2-Verkehrs umgelenkt werden können und die Stauentwicklung vor dem Engpass rasch und nachhaltig gedämpft werden kann.

Auch in verschiedenen Schweizer Städten (St.Gallen, Bern, Luzern, Zürich) kommen in Form von dynamischen Parkleitsystemen kollektive Zielführungen zum Einsatz. Zu den Wirkungen liegen jedoch noch kaum repräsentative Erkenntnisse vor.

Kollektive Verkehrsbeeinflussung

An verschiedenen neuralgischen Konfliktpunkten des schweizerischen Nationalstrassennetzes sind dynamische Verkehrsbeeinflussungsanlagen in Betrieb (u.a. A1/Grauholz, A1/Baregg, A1/Genf, A2/Pratteln-Augst, A2/Belchen, A5/Neuenburg). Verschiedene Wirksamkeitsstudien von Jenni+Gottardi [5] Jenni+Gottardi/R. Keller [4] und R. Keller [6] belegen die positiven Wirkungen auf Verkehrsverhalten und Unfallgeschehen.

Reiseinformationssysteme zur Fahrtplanung vor Fahrtantritt und während der Fahrt

Für den Bereich des motorisierten Individualverkehrs finden sich in zunehmendem Masse entweder in Fahrzeugen eingebaut oder in externen Geräten (Pocketterminals, Internet) Routenplanungswerkzeuge zur Suche der kürzesten oder schnellsten Strecke. Diese Daten basieren im allgemeinen aber noch auf statischen Daten und berücksichtigen nicht die aktuelle Aus- resp. Überlastung. Die Verbreitung aktualisierter Verkehrsmeldungen erfolgt heute in der Schweiz über unterschiedliche Anbieter, die ihre Informationen wiederum aus unterschiedlichen Quellen schöpfen und über verschiedene Medien weder normiert noch standardisiert übertragen. Dies führt dazu, dass heute die Akzeptanz dieser Informationen und die entsprechende Wirkung noch mässig ist. Entsprechende Forschungen sind im Gang⁴, Ergebnisse liegen jedoch noch nicht vor.

⁴ B+S Ingenieur AG, EBP / LFD, Wirksamkeit und Nutzen der Verkehrsinformation, SVI 2002/3

Management des öffentlichen Verkehrs

Im Bereich des öffentlichen Verkehrs sind VSM-Massnahmen heute vor allem in zwei Bereichen bekannt.

- Die Optimierung des Betriebs öffentlicher Verkehrsmittel durch on-line Erfassung der einzelnen Fahrzeuge, spezifischer Auswertung der Fahrplanlage gegenüber Sollwerten und rechnergestützte Bestimmung allfällig notwendiger Massnahmen zur Behebung von Störungen im Betriebsablauf (Beispiel: VBZ Zürich).
- Dynamische Anzeigen an OeV-Haltestellen in Bezug auf einzelne Linien und ihre voraussichtliche Ankunftszeit
- Rechnergestützte Angebotsinformationen und -planung zu individuellen Fahrtwünschen mit Hilfe von Internet/Pocketterminals, etc.

Details zu solchen Systemen und ihre Wirkungen wurden in der Forschungsarbeit von Abay & Meier „Wechselwirkungen Individualverkehr – öffentlicher Verkehr in der Verkehrstelematik“ untersucht und hier nicht weiter verfolgt.

5.2 Ausland

Kühne *REF* [40] (vgl. Kap. 2.2) kommt bei der Auswertung der Projekte STORM, MUNICH COMFORT und QUARTET PLUS in Bezug auf ausgewählte VSM-Anwendungen zu folgenden Ergebnissen:

Dynamische Park&Ride-Informationen

Auf einigen Einfallstrassen wurden exemplarisch Informationen zu den nächstgelegenen Park&Ride-Plätzen sowie den nächsten Anschlüssen in Richtung Innenstadt gegeben. Dabei wurden für den Versuch MUNICH COMFORT die folgenden Systeme über einen Verbundrechner zusammengeschlossen: der P&R-Rechner der Parkanlage Fröttmaning, die Verkehrsrechnerzentrale der Autobahnbeeinflussungsanlage Freilassing, der ÖPNV-Datenverbund des Münchner Verkehrsverbunds, der zentrale Bereichsrechner, die Gebietszentrale Süd der städtischen Signalsteuerung und der RDS/TMC-Rechner für die Versorgung der Landesmeldestelle. Der Rechnerverbund dient in diesem Falle nicht nur der umfassenden Datenbereitstellung sondern auch der Entscheidungsfindung strategisch ausgelegter Szenarien. Die Steuerungspläne sind dazu in Hierarchieebenen gegliedert, die Anzeigen sind nach Strassenverkehrsinformation, Parkplatzbelegung, Anschlussinformation für den OeV und ergänzender Information gegliedert. Die Wirkung dieser Anzeige wurde im Rahmen einer Kontrolluntersuchung näher beleuchtet. Immerhin 20% der Autofahrer haben die Anzeigen zur Fahrtentscheidung genutzt.

Kollektive Anschlusssicherung

Im Rahmen des Projektes STORM wurde eine Anschlusssicherung am S-Bahnknotenpunkt Fellbach beim Übergang von der S-Bahn zum Bus, der seinerseits wiederum Anschluss an die Stadtbahn hat, mit einer Vorher-Nachher-Untersuchung und einer Kontrollgruppe auf ihre Wirksamkeit hin untersucht. Nach Einführung des Informationssystems wurde die Wartezeit um 38% reduziert. Die Ergebnisse wurden wie folgt zusammengefasst: jeder zusätzlichen Warteminute eines ursprünglichen Nutzers stehen 2.2 eingesparte Warteminuten eines Umsteigers gegenüber.

Kollektive Zielführung

Kollektive Zielführungen sind bereits seit vielen Jahren in Betrieb, sodass erste Anlagen inzwischen aktualisiert wurden, da sie aus der heutigen Sicht des Erkenntnisstandes veraltet waren und unplausible Ergebnisse lieferten und somit die Glaubwürdigkeit und die Befolgung der Anzeigen stark litt. Bei Beckmann et. al. REF[48] wurden verkehrstechnische Effekte insbesondere kollektiver aber auch individueller Zielführung untersucht. Bei der kollektiven Zielführung wurden beispielhaft zwei Leitanlagen herangezogen, die unterschiedliche Strategien verfolgen hinsichtlich des zu erreichenden „optimalen“ Systemzustands im Netz. Beiden Anlagen gemein war die Tatsache, dass die bezifferten Befolgungsgrade im einen Fall bei 15% lagen und im zweiten Fall 5% bis 30% der jeweils umlenkbaren Anteile angegeben wurden und sie damit in ähnlichen Grössenordnungen lagen. Beide Anlagen prüfen die Belastbarkeit der vorhandenen Alternativrouten und schalten nur dann Umleitungsempfehlungen, wenn die angenommenen Ausweichverkehre von den Alternativrouten aufgenommen werden können, ohne zu Überlastungen zu führen. Dabei wird im einen Fall ein angenommener Befolgungsgrad mit einbezogen, im anderen Fall wird angenommen, dass alle betroffenen Verkehrsteilnehmer der Empfehlung folgen würden. In keinem der untersuchten Fälle konnte ein Einfluss des jeweilig eingesetzten Prognosealgorithmus auf die Befolgung nachgewiesen werden.

Unstrittig ist hingegen die Wirkung von Verkehrsbeeinflussungsanlagen mit einer Störfallentdeckung auf die Anzahl und Schwere der Unfälle. Hier konnte in verschiedenen Untersuchungen nachgewiesen werden, dass durch die rechtzeitige Störfallentdeckung und geeignete Warnhinweise verbunden mit Geschwindigkeitstrichtern die Unfallzahlen um bis zu 80% zurückgingen.

Individuelle Zielführung

Ebenfalls im Rahmen des Projektes STORM wurde eine individuelle Zielführung getestet, bei dem verkehrslageabhängig vor Verkehrsstörungen gewarnt und Umleitungsempfehlungen ausgesprochen wurden. Mit Hilfe eines Leitsystems wurden Strombündel ermittelt, bei denen Reisezeiten für mit Informationssystemen ausgestatteten Fahrzeuge und solche ohne berechnet wurden. Vorteile entstehen vor allem dadurch, dass die ausgestatteten Fahrzeuge die gestörten Strecken entlasten. Das Ergebnis dieses Feldversuchs war jedoch, dass ein sehr grosser Datenerfassungsaufwand und verkehrstechnisch sehr anspruchsvolle Algorithmen erforderlich sind, um qualitativ hochwertige Informationen zu erzeugen. Bis zum heutigen Tag

weisen alle verfügbaren Verfahren keine hinreichende Güte auf, was aber auch zum Teil an der stark lückenhaften Messversorgung liegt.

Heutige im Einsatz befindliche Systeme setzen entweder frei verfügbar auf RDS/TMC kodierte Verkehrsinformationen, die von Navigationssystemen im Fahrzeug ausgewertet werden können und mit deren meist punktuell veränderter Reisezeit eine neue Route berechnet werden kann. Aufgrund dieser punktuellen Information haben diese Systeme nach einer Studie des ADAC REF[47] dann Vorteile, wenn mehrere und länger andauernde Störungen auf der Wunschroute liegen und grossräumiges Ausweichen über sichere und leistungsfähige Autobahnen empfohlen wird. Kleinräumiges Ausweichen hingegen, führt meist über niederrangige Strassen mit Ortsdurchfahrten. Hier sind in aller Regel keine Verbesserungen zu erwarten, bei einer grösseren Anzahl von Fahrzeugen, die der Umleitungsempfehlung folgen, sogar eher Verschlechterungen (siehe ADAC REF[47]).

Eine Weiterentwicklung sind die kommerziellen Dienste, die über privatwirtschaftliche Sammlung von Verkehrsdaten und deren Aufbereitung und Interpretation zu gangliniengestützten Reisezeitprognosen führen. Hier haben Untersuchungen gezeigt (Beckmann et. al. REF[48]), dass die Diensteanbieter Datengrundlagen unterschiedlicher Provider und damit auch unterschiedlicher Qualität in ihre Auskunft einbinden.

In absehbarer Zukunft werden datenverbindende Dienste wie DIRECT aber auch der vermehrte Einsatz von FCD Datengewinnung hier auch dynamische Informationen aus dem untergeordneten Netz erlauben. Eine Prognose der Verkehrszustände auf der beabsichtigten Route für künftige Zeitschritte erfolgt noch nicht. Es ist beabsichtigt, mit mittleren Reisezeitprofilen nach Stunde, Wochentag und Woche pro Streckenabschnitt dieses Manko zu beheben. Aufgrund der teilweise sehr grossen Streuungen muss die Zukunft zeigen, ob die Prognosen damit gegenüber dem heutigen Zustand verbessert werden können.

Reiseinformationssysteme zur Planung der Fahrt vor Fahrtantritt

Hier sind vor allem im Bereich des öffentlichen Verkehrs heute Systeme verfügbar, die über eine Bandbreite unterschiedlichster Ausprägungen reichen. Typische Beispiele hierfür sind die in Deutschland realisierten Systeme der Deutschen Bahn AG, die europäische Auskunft EU-SPIRIT und das Projekt DELFI. Gerade im Rahmen des Projektes EU-SPIRIT wurden Kundenbefragungen zu dem Nutzen eines derartigen Systems durchgeführt. Im Bereich des motorisierten Individualverkehrs existieren heute bereits in vielen Fahrzeugen sowie im Internet Routenplanungswerkzeuge zur Suche der kürzesten oder schnellsten Strecke. Diese Daten basieren aber auf statischen Daten und somit auf den Annahmen einer unbelasteten Strasse. Diesem Manko abzuhelpen ist das Ziel des Projektes DIRECT.

Fazit

Zu den bislang in Betrieb genommenen und ausgewerteten VSM-Beispielen gehören in erster Linie Verkehrsbeeinflussungs- und Zielführungssysteme sowie Reiseinformationssysteme. Im Ausland wurden auch dynamische P&R-Infosysteme sowie Systeme zur kollektiven Anschlussicherung im grösseren Umfang errichtet und erforscht.

6. Datengrundlagen

6.1 Daten für Dienste

6.1.1 Daten Schweiz

Ein wesentliches Problem für Verkehrsmanagementsysteme sind die zur Versorgung notwendigen Daten. Hier bestehen Lücken und Qualitätsprobleme, die von der Erfassung des Verkehrs im Netz über die Aufbereitung bis hin zur Abbildung von momentanen Verkehrszuständen reichen. Ab einer hinreichenden Versorgung der Verkehrsteilnehmer mit Informationssystemen müssen auch resultierende Rückkopplungen mit berücksichtigt zu werden.

ASTRA Verkehrszählstellen

Das Erhebungssystem des ASTRA auf den Nationalstrassen wird gegenwärtig für die statistische Erfassung erweitert. Gleichzeitig werden Echtzeitdaten zur Verfügung gestellt, welche eine wichtige Grundlage für Lenkung, Information, Prognose, Simulation, Modellierung und Monitoring des Verkehrs darstellen. Bei den Echtzeitdaten werden Verkehrsmenge, Geschwindigkeit, Einzelfahrzeugdaten und aggregierte 3-Min-Werte sowie grobe Angaben zur Verkehrszusammensetzung erhoben resp. aufbereitet.

Sonstige Verkehrszählstellen

Auf Haupt- und teilweise auch Nebenstrassen der Kantone und Städte besteht ein dichtes Netz permanenter Zählstellen in erster Linie für statistische Zwecke sowie Erfassungseinrichtungen kollektiver Verkehrsbeeinflussungsanlagen (v.a. Lichtsignalanlagen), die für Steuerungszwecke genutzt werden. Nur an wenigen Orten besteht bereits eine Verknüpfung mit Instrumenten zur Bestimmung der Verkehrsflussqualität (z.B. Zürich) oder aktuellen Verkehrsmeldungen.

6.1.2 Daten Ausland

Auch hier bestehen in den Ländern mit Verkehrsmanagementsystemen noch Lücken und Qualitätsprobleme in allen Teilbereichen (Erfassung des Verkehrs, Aufbereitung und Lagegeneration⁵ der Daten bis hin zur Prognose).

Landesmeldestellen

In Deutschland stellen Landesmeldestellen die ältesten Datenlieferanten dar, ausgehend von Dauerzählstellen oder Zählstellen für kollektive Verkehrsbeeinflussungsanlagen. Zusammen mit den sogenannten Staumeldern bilden sie eine Grundlage für aktuelle Verkehrsmeldungen.

⁵ Lagegeneration: Erzeugung eines aktuellen (momentanen) Abbildes des Verkehrszustands netzweit (meist auf Einzelmessungen oder partiellen Floating Car Data-Messungen beruhend).

Die Daten der Landesmeldestellen werden an die Rundfunkabteilungen weitergeleitet und dort per Nachrichten verbreitet aber auch in entsprechende RDS/TMC –Meldungen kodiert.

Daten privater Gesellschaften

In Deutschland hat sich die DDG⁶ mit dem Sammeln von aktuellen Verkehrsdaten auf Bundesautobahnen etabliert. Diese Gesellschaft ist privatrechtlich organisiert und gleicht die erhobenen Daten mit den Daten der Landesmeldestellen ab, stellt sie dann den privaten Diensteanbietern, die Gründer der Gesellschaft sind, und der Polizei für hoheitliche Aufgaben zur Verfügung. Künftig sollen hier historische Daten Grundlage für Reisezeitprognosen auf den Autobahnabschnitten sein.

FCD

Die Methode der Beobachtung des Verkehrs durch Floating Car Data wird zunehmend angestrebt. Ausser in einigen europäischen Ballungsräumen (z.B. Paris, REF[34]) sind bislang jedoch noch zuwenig Fahrzeuge einbezogen, um flächendeckend und mit hinreichender Qualität Aussagen über den Verkehrszustand ableiten zu können.

DELFI

DELFI wurde in Deutschland gestartet, um deutschlandweite Verbindungsauskünfte im öffentlichen Verkehr zu ermöglichen. Eine wesentliche Besonderheit dabei war es, dass lokal existierende Systeme beibehalten werden sollten und die Möglichkeit eines einfachen Ausbaus bzw. einer funktionalen Erweiterung gegeben sein sollte.

Dazu wurde eine Lösung gewählt, die existierende Auskunftssysteme über Schnittstellen auf der Auskunftsebene miteinander verknüpft. Gerade die Möglichkeit, dadurch lokal existierende Echtzeitauskünfte zu einer durchgängigen Reisekette zu verknüpfen, bietet viele Möglichkeiten. Die DELFI-Technologie ist dabei weniger für den Kunden sichtbar, sondern eher als kooperative Lösung zwischen einzelnen, bislang unabhängigen Auskunftsanbietern zu sehen.

EU-SPIRIT

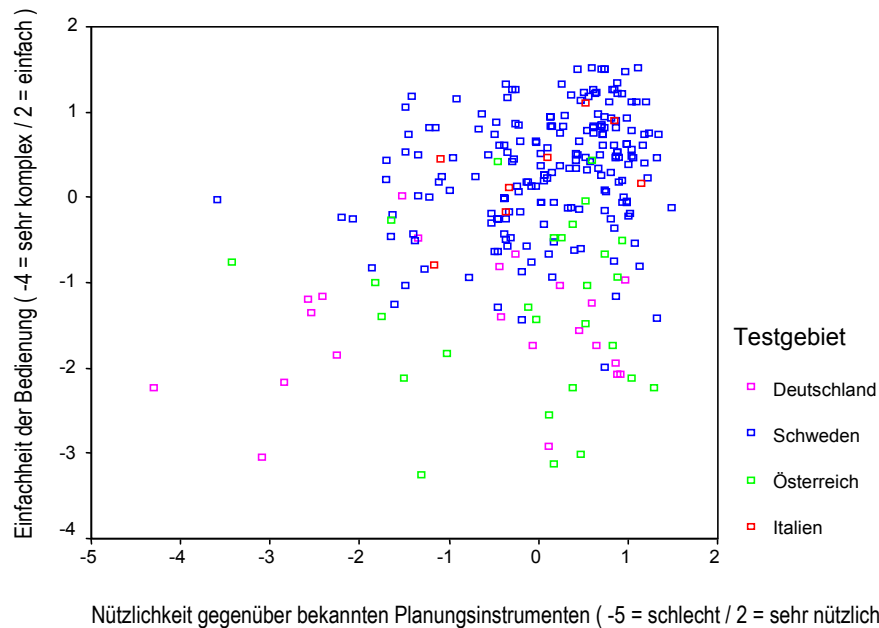
Das im Jahr 2001 beendete EU-Projekt EU-SPIRIT basierte auf der im DELFI-Projekt ersonnenen Technik und hatte auf europäischer Ebene u.a. die folgenden Zwecke:

- 1 Welche Hindernisse technischer und nichttechnischer Natur und welche Lösungen existieren, um auf Pan-europäischer Ebene ein integriertes, intermodales Tür-zu-Tür-Auskunftssystem zu etablieren, das auf einer geeigneten telematischen Plattform arbeitet
- 2 Auf der Basis von fünf Verbindungen zwischen verknüpften, sich aber nicht berührenden europäischen Ballungsräumen sollte ein Pilotprojekt realisiert werden, um die Machbarkeit des Konzepts zu zeigen
- 3 Die Reaktion des Marktes, also der Reisenden und der Anbieter, vor und nach der Demonstration zu analysieren, um eine befriedigende Lösung für Reisende zu verträglichen Kosten zu finden

⁶ DDG: Deutsche Datengesellschaft - Firma, die Datengrundlagen für Tegarom und Autokom bereitstellt; Tochtergesellschaft von Telekom und Vodafone

Die folgende Graphik stammt aus dem Bericht zur Evaluierung REF[52] und zeigt, in welchem Masse Reisende das angebotene System einfach zu bedienen und verstehen einschätzen und um wie viel besser das System gegenüber bekannten Reiseplanungen ist.

Abb. 3: Einfachheit des Bedienverständnisses gegenüber bekannten Planungsaufgaben REF[52]



In der Einschätzung der Verallgemeinerbarkeit der Ergebnisse existieren selbstverständlich eine Reihe von Schiefen, die von entsprechenden Daten erwartet werden müssen. Aber gegenüber vielen vergleichbaren Erhebungen kennen die Reisenden den angebotenen Service, da er realisiert wurde. Eine weitere Schiefe, die erwartet werden kann ist die hohe Affinität der Reisenden zur Bahn resp. zum öffentlichen Verkehr (Schillewaert REF [37]).

6.2 Datengrundlagen zur Verhaltensanalyse

6.2.1 Daten Schweiz

Die wichtigste Datenquelle mit Angaben zum Verkehrsverhalten stellt der periodisch durchgeführte Schweizer Mikrozensus dar (zuletzt 1994 und 2000 durchgeführt). Auf der Basis einer Stichtagsbefragung liefern diese Daten ein repräsentatives Abbild des Mobilitätsverhaltens der Schweizer Bevölkerung.

Die Daten des Mikrozensus Verkehr 2000 wurden in Form einer computerunterstützten telefonischen Befragung (CATI) erhoben. Dabei wurden aus jedem Haushalt in der Stichprobe eine oder - bei grösseren Haushalten - zwei zufällig ausgewählte Personen ab 6 Jahre zu ihrem

Verkehrsverhalten am vorgegebenen Stichtag befragt, wobei die Stichtage gleichmässig über das Jahr verteilt waren. Der Erfassung des Mobilitätsverhaltens lag das Etappenkonzept zu Grunde. Jedes benützte Verkehrsmittel kennzeichnet eine Etappe, während ein Weg über die Aktivität am Zielort, also den Wegzweck, definiert ist. Ein Weg kann somit aus mehreren Etappen bestehen. Die Plausibilisierung der Daten erfolgte zum einen über direkte Nachfragen während des telefonischen Interviews, zum anderen nachträglich im Zuge der Aufbereitung der Rohdaten.

6.2.2 Daten Ausland

Die folgenden Datenquellen sind grundsätzlich geeignet, für die Beurteilung der Wirksamkeit existierender oder geplanter VSM zugezogen zu werden. Für die Beurteilung existierender Systeme sind die Daten von EU-SPIRIT und STORM/ MobilPass eine mögliche Grundlage, für die Analyse der Wirksamkeit geplanter VSM sind eher die generalisierten Daten des Deutschen Mobilitätspanels, die Daten zur Freizeitverwendung und die laufenden Erhebungen zu DIRECT und RUDY geeignet. Speziell im Projekt RUDY ist auch die Etablierung eines Simulationsmodells zur Evaluierung von VSM-Massnahmen im Bereich OeV vorgesehen.

Deutsches Mobilitätspanel und Daten zur Freizeitverwendung

Indikatoren zur Flexibilität und Variabilität im Mobilitätsverhalten wurden sowohl von Lipps REF[33] aus den Paneldaten des Deutschen Mobilitätspanels als auch durch diverse Arbeiten zu den Daten der Erhebung über die Freizeitverwendung durch das deutsche Statistische Bundesamt REF[35] aufgezeigt.

Es wird deutlich, dass eine zeitliche Flexibilität der Personen nachzuweisen ist. Es wird von der Hypothese ausgegangen, dass Zeitverluste im Verkehr, entsprechend dem Lebensstil, in unterschiedlichem Umfang durch Reduktionen bei weniger wichtig eingestuftten Aktivitäten ausgeglichen werden. Hoch priorisierte Aktivitäten werden jedoch ungeachtet etwaiger Restriktionen durchgeführt. Die offensichtlich vorhandene Anpassungsfähigkeit zeigt bei Massnahmen mit behinderndem Charakter, die in der Regel eine Erhöhung der Reisezeit zur Folge haben, nicht den gewünschten Erfolg.

Lipps REF[33] weist in seinem Beitrag zur HEUREKA darauf hin, dass insbesondere die „intrapersonelle Variation“ der Aktivitäten (vgl. nächsten Absatz) und deren Abfolgen für die Prognose eine wichtige Rolle spielt. Dies kann ergänzt werden durch die Vermutung, dass dies auch für die Reaktionsfähigkeit auf Verkehrsbeeinflussungen insbesondere nach einer Eingewöhnungsphase gilt. So weist Lipps auch in seiner Dissertation REF[32] auf die Möglichkeiten zur Einschätzung der Reaktionen von Verkehrsteilnehmern auf Verkehrsbeeinflussungen aufgrund ihrer intrapersonellen Variation hin.

Die mittlere, individuelle Absolutabweichung vom personengruppenspezifischen Mittelwert wird auch als „intrapersonelle Variation“ innerhalb einer Personengruppe bezüglich einer Akti-

vitätskenngrösse bezeichnet. Vertiefte Untersuchungen hierzu gibt es bei Lipps. Er basiert seine entsprechenden Analysen auf der Definition von Pflichtaktivitäten (Arbeit, Dienstreise oder –gang und Ausbildung) und fakultativen Aktivitäten (Freizeit, Einkauf, Sonstige). Er betrachtet dabei rein die Dauer und die Zeitlagen der Aktivitäten, berücksichtigt aber nicht die Dauern der zugehörigen Mobilitätszeiten. So hat Lipps REF[33] besonders auf die Variation der Dauern von Pflicht- und fakultativen Aktivitäten abgehoben und zusätzlich die Variation der Anfangs- und Endzeitpunkte der Pflichtaktivitäten herausgearbeitet. Da die Daten, auf denen Lipps seine Arbeiten basiert, am Institut für Verkehrswesen seit 1994 jährlich erhoben werden, steht hier eine umfangreiche Datenbasis zur Verfügung, anhand deren weitere Untersuchungen durchgeführt werden können, beispielsweise hinsichtlich der Variation der Mobilitätsdauern⁷ und Zeitlagen in Abhängigkeit von Personengruppen, Aktivitäten oder auch zu speziellen Tageszeiten (Belastungszeiten).

Bei Lipps REF[32] wird eine Grösse ‚Reaktionspotenzial‘ definiert, deren Reaktionsmöglichkeiten von den folgenden Grössen abhängen:

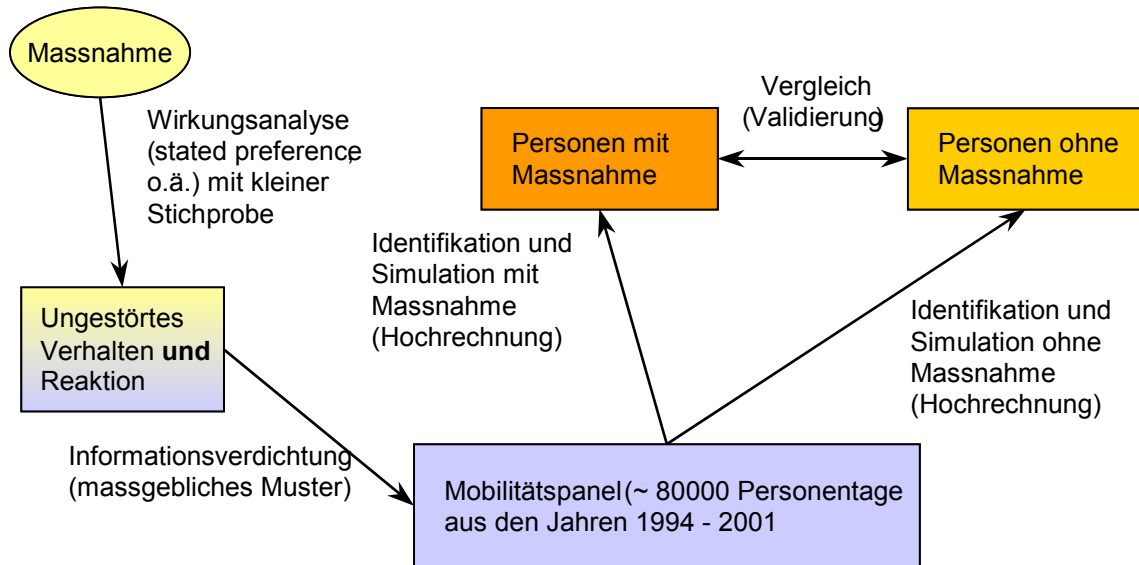
- Variationsgrad des Verhaltens
- dem Aktivitätsrhythmus
- der zeitlichen Gebundenheit von Personen und
- dem Ausmass der subjektiven Flexibilität der Person

Lipps hat mit den Daten einen Zusammenhang zwischen der Flexibilisierung der Arbeitszeiten und dem PW-Einsatz aufzeigen können. Er vermutet deswegen, dass bei einer zunehmenden Flexibilisierung der Arbeitszeiten auch der Grad der PW-Nutzung zuungunsten der OeV-Nutzung oder der Mitfahrt zunimmt.

Analog seinem Vorschlag werden daher am IfV Karlsruhe auch zwei weitere Erhebungen zur Evaluierung von Wirkungen von Verkehrssteuerungsmassnahmen konzipiert, bei denen das umseitige Schema zum Einsatz kommt:

⁷ Mit Mobilitätsdauer wird die Dauer einer Tätigkeit ausser Haus bezeichnet. Die Variation beschreibt die Veränderung dieser Muster innerhalb einer Woche intrapersonell.

Abb. 4: Anwendung des Reaktionspotenzials unter Einbezug von Massnahmen REF[32]



DIRECT

Für die ballungsraumübergreifende Reiseplanung wird ein Demonstrationsnetzwerk aufgebaut. Dieses Netzwerk besteht aus sogenannten Controllern für die übergeordnete Reiseplanung, Routern für die Berechnung optimaler Verbindungen auf jeweils einem Verkehrsnetz sowie Systemen zur Bereitstellung dynamischer Daten für die Reiseplanung.

Bei den Projektpartnern werden mehrere verschiedene Controller realisiert, die wieder auf die Router der Partnersysteme zugreifen können. Die Router der Partnersysteme werden für eine übergeordnete Vernetzung angepasst und mit den erforderlichen Schnittstellen versehen. Einzelne Ballungsräume werden dynamische Daten über Schnittstellen für die Routenplanung bereitstellen.

Die Komponenten und Systeme dieses Demonstrationsnetzwerks werden in die Leitprojekte integriert, d.h. mit den Diensten der Ballungsräume verknüpft.

Nach dieser Integration in die Ballungsräume wird das Demonstrationsnetzwerk technisch erprobt. Daran schliesst sich ein ca. einjähriger Probetrieb an. Während dieser Phase wird das Demonstrationsnetzwerk durch Tests einer laufenden Kontrolle unterzogen und es werden Nutzerbefragungen durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Tests sollen es erlauben, die Qualität des gewählten Lösungsansatzes zu bewerten und die Vorteile dieses Systemdesigns und der Implementierung aufzuzeigen. Zusätzlich dienen sie der Überarbeitung der Spezifikationen und der Optimierung der Komponenten.

Die Arbeiten zum Demonstrationsnetzwerk gliedern sich in sechs verschiedene Arbeitspakete. Das Ziel ist es, Lösungen für eine verteilte, intermodale, dynamische Reiseplanung zu spezifizieren, softwaretechnisch zu realisieren und technisch wie aus Nutzersicht zu erproben.

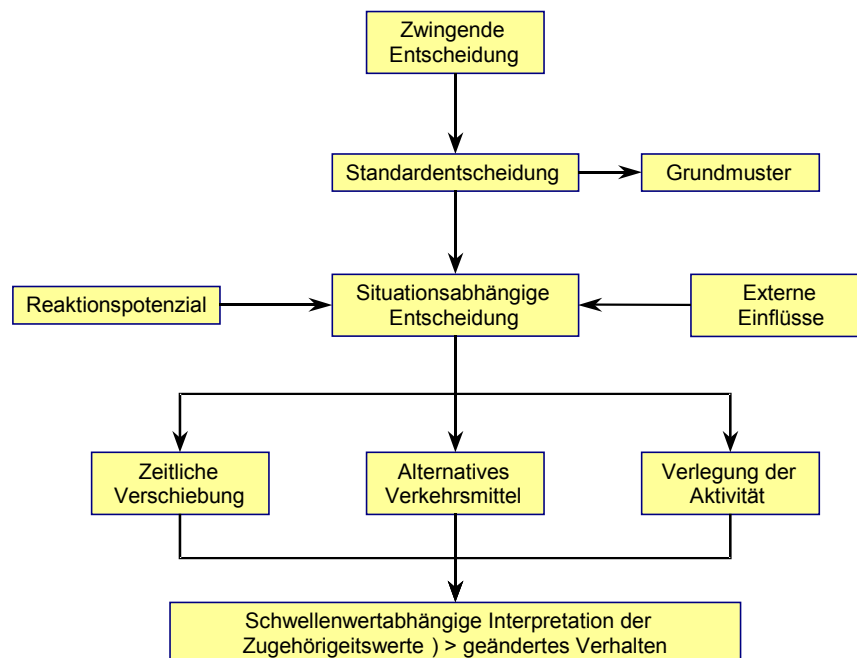
Damit sollen die Vorteile dieses Lösungsansatzes aufgezeigt und eine Umsetzung in marktfähige Produkte vorbereitet werden.

Die Daten hierzu wurden im Sommer 2004 erhoben. Eine Validierung gemäss dem oben gezeigten Schema wird hierzu anschliessend mit dem am IfV erstellten Simulator mobiTopp erfolgen. Das Werkzeug generiert auf der Basis der im Mobilitätspanel gewonnenen Erkenntnisse eine personen- und tagesfeine Verhaltensdatei, mit der eine gesamthafte Wirkungsanalyse für ein konkretes Untersuchungsgebiet möglich ist.

RUDY

Im Zentrum des Projekts RUDY stehen rechnergesteuerte Systeme auf der Betriebslebene von ÖPNV- und Taxiverkehren (RBL) sowie die darüber angesiedelten intermodalen Fahrplanauskunftssysteme und Buchungssysteme für flexible Bedienformen auf der Informations- und Serviceebene. Die Aktivitäten in RUDY zielen sowohl auf die Funktionsverbesserung von Einzelsystemen als auch insbesondere auf die Vernetzung der verschiedenen Systeme und Anlagen zur Schaffung von unternehmensübergreifenden und regional durchgängigen Funktionalitäten und Angeboten.

Abb. 5: Modell der Veränderungen geplanter Aktivitäten wegen äusserer Einflüsse REF[31]



Erreicht wird dies durch die intensiviertere Anwendung von Echtzeitkommunikation (Dynamisierung) auf allen Ebenen einer Verkehrstelematikarchitektur von der Fahrzeuglokalisierung bis hin zu mobilen Kundenservices. Daneben ist eine Integration von verkehrstelematischen Sy-

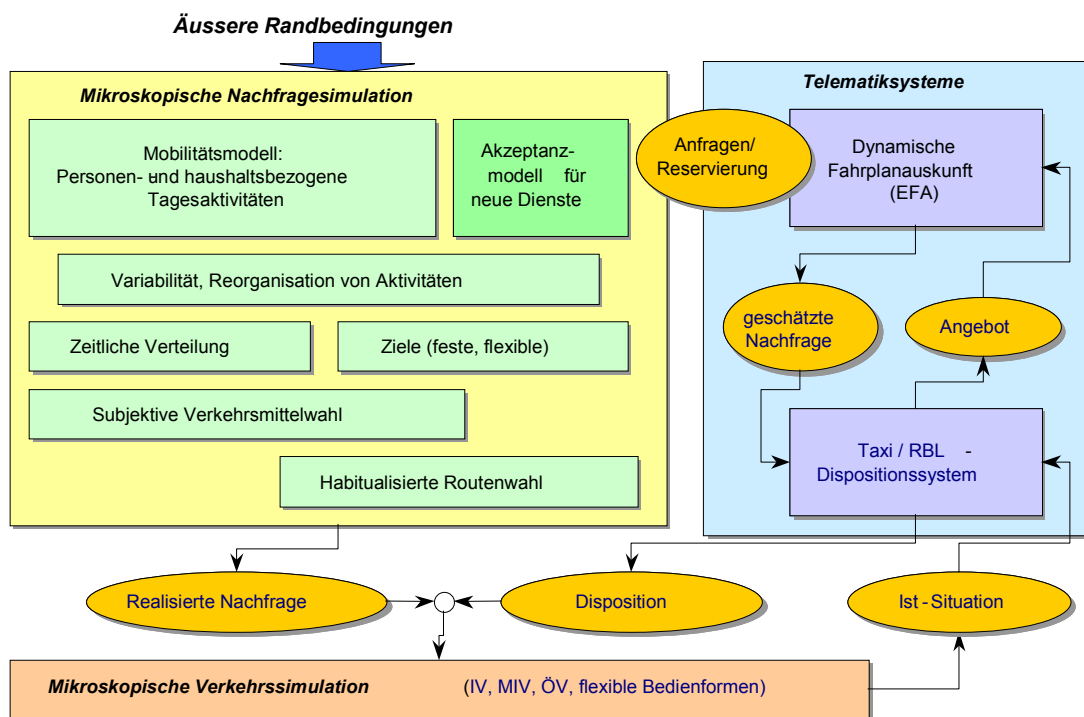
stemen in Werkzeuge der Verkehrsplanung beabsichtigt, um deren Wirkungen bereits in der Planungsphase adäquat berücksichtigen zu können.

Im Projekt RUDY wird das Simulationsmodell u.a. um zwei Module ergänzt. Es wird ein Modell zur Abbildung von Verhaltensänderungen in mobiTopp eingebaut, mit dem sich Variationen zwischen Aktivitätenplanung und Aktivitätendurchführung abbilden lassen. Die grundlegende Idee hierzu wurde bei Heine/Schnittger REF[31] veröffentlicht.

Dieses Modell wird demnächst mit Daten kalibriert, die in einer Erhebung in Ulm im Frühjahr 2002 durchgeführt wurde und die sich zur Zeit in Auswertung befindet.

Die Erweiterung des Modellansatzes wird ebenfalls in dem Projekt RUDY durchgeführt. Hintergrund ist die beabsichtigte Erstellung des oben bereits angesprochenen Evaluierungswerkzeugs für verkehrstelematische Massnahmen.

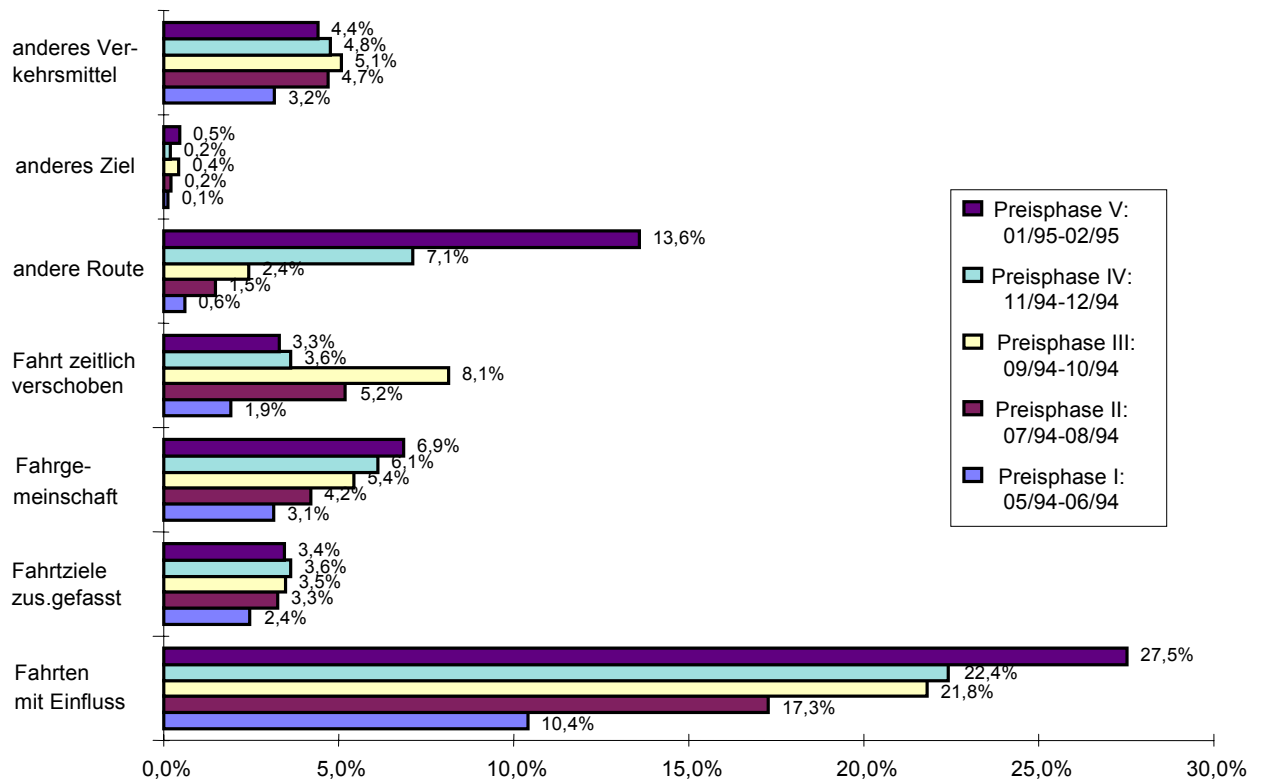
Abb. 6: Übersicht RUDY



STORM / MobilPass

Im Projekt MobilPass wurde 1994/95 ein Cordon-Pricing-System im Süden von Stuttgart getestet. Etwa 350 Probanden nahmen an einem rund ein Jahr dauernden Feldversuch teil und füllten ein Wegetagebuch aus, bei dem auch Änderungen und Gründe protokolliert wurden. Der Versuch selbst war in mehrere Phasen untergliedert, um unterschiedliche Preiskonzepte auf ihre Wirkung hin zu testen. Das Ergebnis dieses Versuchs ist in der nachfolgenden Graphik zusammengefasst.

Abb. 7: Zusammengefasste Darstellung der Reaktionen aller Teilnehmer am MobilPass-Versuch, Werkzeuge REF[15]

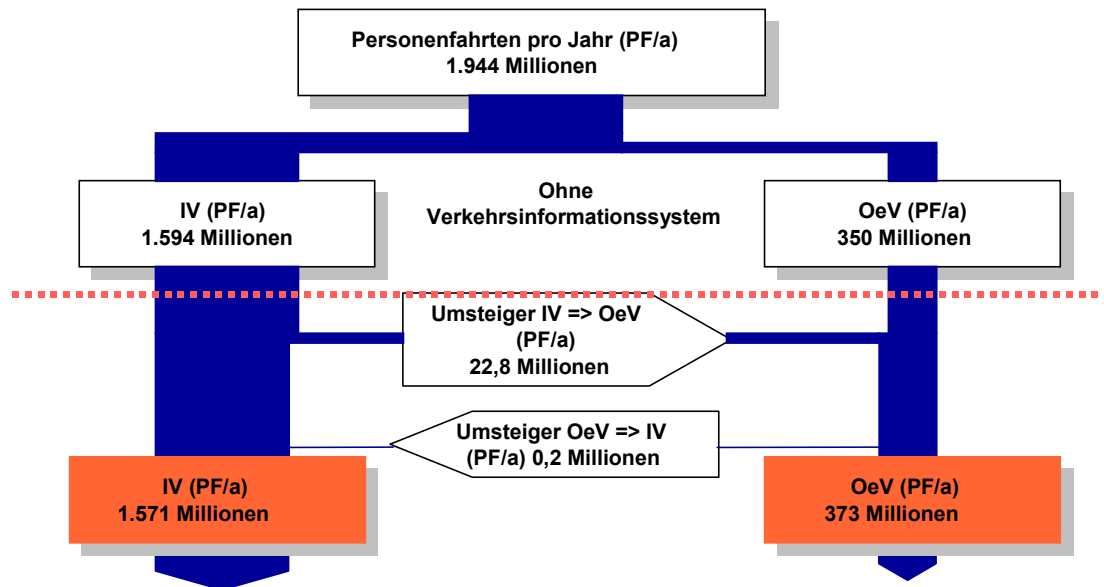


Man kann an dem Ergebnis erkennen, dass der Einfluss des Systems um so stärker wirkte, je länger der Versuch andauerte. Befürchtungen, durch eine solche Eintrittsgebühr die Zielwahl zu beeinflussen, bestätigten sich nicht. Ebenso scheinen aber auch die Möglichkeiten der Verlagerung auf ein anderes Verkehrsmittel begrenzt zu sein. Reaktionspotenziale ergeben sich eher auf der Ebene der komplexeren Verhaltensweise wie Bildung von Fahrgemeinschaften oder der Reorganisation des gesamten Aktivitätsverhaltens.

Wichtig hier ist aber die Untermauerung der Behauptung, dass Verhaltensänderungen Zeit brauchen. Komplexere Anpassungen wie Fahrtengemeinschaften oder das Zusammenfassen von Fahrzielen wurden nicht sofort durch die Preisgestaltung bedingt, sondern bilden sich als Langwirkung der Preiserhebung im Verlauf des Feldversuchs heraus.

Die Annahme, dass nicht nur aufgrund aktueller Informationen über MIV und OeV eine stärkere Attraktivität vom OeV ausgehen würde sondern auch offen gelegt wird, wann der MIV Vorteile bietet, zeigt das STORM-Projekt. Hier wurden neben anderen Massnahmen auch Informationssysteme für den öffentlichen und individuellen Verkehr eingesetzt und getestet. Im Rahmen einer Befragung und deren anschliessenden Hochrechnung ergab sich folgendes Bild.

Abb. 8: Wirkungen von Verkehrsinformation (Quelle: MVU [13])



Hierbei handelte es sich um ein regional begrenztes Informationssystem, das nicht dynamisch für den OeV und nur auf wenigen Strecken dynamisch für den MIV ausgelegt war.

Fazit

Aus verschiedenen grossangelegten Forschungsprojekten in Deutschland resp. im EU-Raum (EU-SPIRIT, STORM/MobilPass, DIRECT und RUDY) existieren Datengrundlagen mit denen im Zusammenhang mit VSM das Reaktionspotenzial, die tatsächliche Reaktion und die Dynamik dieser Reaktion und die entsprechenden Auswirkungen ermittelt werden können. Dies stellt eine wichtige Grundlage für den Einsatz neuer Instrumente dar.

7. Wirkungsmechanismen von VSM-Massnahmen

Um die Wirkungsmechanismen von VSM-Massnahmen analysieren zu können ist es zweckmässig, diese differenzierter zu betrachten. Es wird dabei von der Einteilung der Strassenverkehrsstelematik-Massnahmen gemäss SN 640 872 ausgegangen:

Tab. 2 Differenzierung der VSM-Massnahmen nach Wirkungen und Kriterien

VSM-Massnahme		Wozu / Wirkung	Wichtigste Kriterien		
Verkehrs-/ Transportmanagement und Betrieb	Verkehrsbeeinflussung	Verkehrslenkung	→ Führung über zeitlich kürzesten Weg → Optimalere Netzauslastung	Zeitersparnis Gesamtverkehr	
		Verkehrsleitung	→ Optimaler Verkehrsfluss → weniger Stau	Zeitersparnis Gesamtverkehr	
		Verkehrssteuerung	→ Optimalere Netzauslastung → Homogenität Verkehrsfluss → weniger Stau	Zeitersparnis Gesamtverkehr	
		Beeinflussung Parksuchverkehr	→ Führung via direktesten Weg → Reduktion Suchverkehr	Zeitersparnis Gesamtverkehr	
		Parkraumbewirtschaftung	→ Optimalere Parkplatzauslastung / -nachfrage	Zeitersparnis Gesamtverkehr	
		Management Fahrberechtigung (Schwerverkehr)	→ Optimalere Netzauslastung → Homogenität Verkehrsfluss → weniger Stau	Zeitersparnis Gesamtverkehr	
	Management OeV	Betriebsleitung Linienbetrieb	→ Optimierung OeV-Betrieb → weniger Zeitverluste	Zeitersparnis Fahrzeugumlauf	
		Betriebsleitung nachfrageabhängiger Betrieb	→ Optimierung OeV-Betrieb → weniger Zeitverluste → weniger Fz im Einsatz	Zeitersparnis Fahrzeugumlauf Einsparung Betriebskosten	
		Überwachung	Störungsmanagement	→ rasche Störungserkennung/ optim. Behebung → weniger Stau	Zeitersparnis Gesamtverkehr
			Verkehrsüberwachung	→ frühzeitige Störungserkennung → rasche Störungsbehebung	Zeitersparnis Gesamtverkehr
		Management Strassenerhaltung	→ frühzeitige Schadenserkennung/ -behebung / minimierte Betriebseinschränkungen → erhöhte Netzverfügbarkeit → Reduktion Verkehrsstörungen	Zeitersparnis Gesamtverkehr Einsparung Unterhaltskosten	
		Fracht- und Flottenmanagement	→ Optimierung Schwerverkehrsbetrieb → weniger LW auf Strasse → optimalerer Verkehrsfluss → weniger Stau	Zeitersparnis Gesamtverkehr Einsparung Betriebskosten Schwerverkehr	

Verkehrs-/Reise- und Serviceinformation	Reiseinformation		→ Optimalere Netzauslastung → Homogenität Verkehrsfluss → weniger Stau	Zeitersparnis Gesamtverkehr
	Verkehrsinformation	Fahrzeugführer-Information	→ Führung über zeitlich kürzesten Weg → Optimalere Netzauslastung	Zeitersparnis Gesamtverkehr
			→ Führung über distanzmässig kürzesten Weg → Reduktion der Verkehrsbelastungen	Wegersparnis MIV
		→ Führung über sichersten Weg (Verkehrssicherheit nur über Hilfskriterien erfassbar, z.B. Risikoverminderung / Homogenität Verkehrsfluss / Verkehrsleistungsanteil auf sichereren Strassen	- kürzere Risikoexposition = Aufenthaltszeit im Verkehr → Zeitersparnis - Homogenität Verkehrsfluss → weniger Stau → Zeitersparnis - Verkehrsleist. auf sichereren Strassen → Anteil Verkehrsleistung HLS	
	Fahrgastinformation	→ bessere Berechenbarkeit OeV-Angebot → Erhöhung OeV-Anteil am Gesamtverkehr	Modal Split-Anteil resp. OeV-Personenverkehrsleistung	
Service-Informationen	→ Erhöhung des Reisekomforts → optimierte Nutzung des Serviceangebots	Wegersparnis MIV		
Dienste und Unterstützung	Gebührenerhebung	Ticketing im OeV	→ Erhöhung des Reisekomforts → Erhöhung OeV-Anteil am Gesamtverkehr	Modal Split-Anteil resp. OeV-Personenverkehrsleistung
		Strassengebühren	→ Optimalere Netzauslastung → Homogenität Verkehrsfluss → weniger Stau	Zeitersparnis Gesamtverkehr
		Parkgebühren	→ Optimierung der Nachfrage → weniger Such- und Wartezeit	Zeitersparnis Gesamtverkehr
	Prävention und Interventionsdienste	Automatische Verkehrskontrolle	→ Optimierung Überwachung → weniger Störungen	Zeitersparnis Gesamtverkehr
		Fz-führerunterstützung / Fz-beeinflussung	→ weniger Störungen → optimalerer Verkehrsfluss → weniger Stau	Zeitersparnis Gesamtverkehr
			→ erhöhte Verkehrssicherheit	(vgl. Fahrzeugführer-Information)
		Sicherheit der Reisenden	→ Erhöhung des Reisekomforts	Modal Split-Anteil resp. OeV-Personenverkehrsleistung
	Notfalldienstmanagement	→ rasche Notfallerkennung/ optimierter Notfalleinsatz → weniger Stau	Zeitersparnis Gesamtverkehr	
	Reservationsysteme	Parkplatzreservationsysteme	→ Optimierung der Nachfrage → weniger Such- und Wartezeit	Zeitersparnis Gesamtverkehr
		Reservationsysteme OeV	→ Erhöhung des Reisekomforts → Erhöhung OeV-Anteil am Gesamtverkehr	Modal Split-Anteil resp. OeV-Personenverkehrsleistung
		Fahrgemeinschaften und Fahrzeuggemeinschaften	→ Minimierter MIV-Verkehrsbelastung → Optimaler Verkehrsfluss → weniger Stau	Zeitersparnis Gesamtverkehr

Die Tabelle zeigt, dass sich fast alle VSM-Massnahmen an den Evaluationskriterien „Einsparung von Reisezeit“ oder „Erhöhung des Modal Split-Anteils“ messen lassen. Dabei ist entscheidend, welche Personenzahl resp. Reisendenzahl eine Verhaltensänderung vornimmt. Für die Bestimmung der Wirkungen ist die Kenntnis dieser Zahlen ausschlaggebend.

Für die weiteren Analysen ist eine Gruppierung der Massnahmen nach Wirkungsmechanismen sinnvoll:

1. Massnahmen, denen gesetzliche Verpflichtungen zugrunde liegen und deren Nichtbefolgung strafrechtlich geahndet werden kann
2. Massnahmen, deren Befolgung einen sehr offensichtlichen Nutzen für die Verkehrsteilnehmer darstellt, wie beispielsweise sicherheitsrelevante Massnahmen
3. Massnahmen, deren Befolgung von Nutzern sehr unterschiedlich bewertet werden können und deren persönlicher Nutzen für den Verkehrsteilnehmer nicht sofort offensichtlich ist oder für deren Nutzen nicht genügend Sensibilität vorhanden ist.

Verpflichtende Beeinflussungen wirken, wie bereits in Kap. 4 aufgezeigt, im Allgemeinen sofort. Die beabsichtigte Wirkung wird in der Regel weitgehend erreicht. Auch empfehlende Beeinflussungen wirken noch relativ rasch, aber bei sehr unterschiedlichem und zumeist deutlich geringerem Wirkungsgrad. Massnahmen der 3. Kategorie hingegen werden vom Nutzer unter Umständen erst nach längeren Fristen angenommen und führen dementsprechend auch erst nach und nach zu Verhaltensänderungen. Erst eine hohe Akzeptanz stellt hier eine ausreichende Wirkung sicher.

Da sehr viele gegenwärtig diskutierte VSM-Massnahmen in die 3. Kategorie fallen, setzen sie entweder zusätzliche Anreize zur Nutzung voraus oder hinreichend eigene positive Erfahrungen sowie die Bereitschaft zur Änderung gewohnter Verhaltensweisen bei den Verkehrsteilnehmern.

Dies stellt insofern ein Problem für die Zukunft dar, da alle VSM-Massnahmen dieser Kategorie in mehr oder weniger starkem Umfang auf eine Prognose angewiesen sind und gerade diese Prognose unter dem Einfluss der Verhaltensänderung – also der Befolgung – geändert wird. An dieser Stelle stehen beispielsweise demnächst mit dem Forschungsprojekt RUDY in Ulm umfangreiche und detaillierte Befragungsdaten zur Verfügung, die Mobilitätsanpassungen aufgrund endogener und exogener Störungen über einen Zeitraum von zwei Wochen sowohl im Planungsstadium als auch nach der Realisierung mit mehr als 350 Personen dokumentieren. Daraus lassen sich Potenziale und Wirkungsrichtungen vorerst allerdings noch ohne Langzeitanpassung ermitteln.

Liegt die Information im Vorfeld der Fahrt vor, so geht die Wirkungsrichtung zunächst hin zu einer zeitlichen Anpassung, wobei dies auch über mehrere Tage reichen kann. Erst dann kommen Anpassungen bei der Verkehrsmittelwahl vor. Treten Störungen während der Fahrt

auf, so wird in Abhängigkeit des persönlichen Kenntnisstandes und der persönlichen Einschätzung der Situation ausgewichen.

Fazit

Fast alle VSM-Massnahmen lassen sich an den Kriterien ‚Einsparung von Reisezeit‘ oder ‚Erhöhung des Modal Split-Anteils‘ messen. Für die Bestimmung der Wirkungen ist insbesondere aber die Kenntnis der Personenzahl resp. Reisendenzahl, die eine Verhaltensänderung vornimmt, erforderlich und für die Wirkung ausschlaggebend.

Viele gegenwärtig diskutierte oder geplante VSM-Massnahmen fallen in die Kategorie, wo persönlicher Nutzen für den Verkehrsteilnehmer nicht sofort offensichtlich oder die nötige Sensibilität noch nicht vorhanden ist. Dies setzt entweder zusätzliche Anreize zur Nutzung voraus oder hinreichend eigene positive Erfahrungen, ehe die erwarteten Wirkungen in grösserem Umfang eintreten.

Die Bestimmung dieser Wirkungen setzt folglich die Kenntnis der Akzeptanz im zeitlichen Verlauf und des Befolgungsgrades einer Massnahme voraus. Entsprechende Prognosen sind sehr anspruchsvoll.

8. Beurteilungsinstrumente und Kriterien

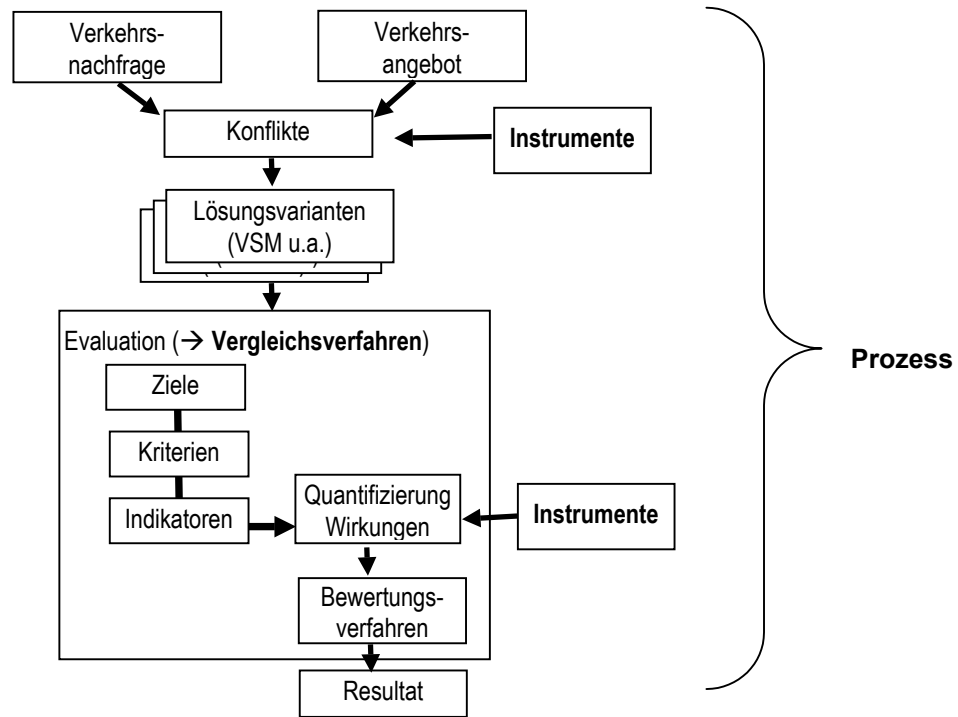
8.1 Begriffe und Zusammenhänge

Ein zentrales Element der Verkehrsplanung bildet der Vergleich von Massnahmen resp. Varianten. Dabei muss in der Regel eine Gegenüberstellung von Verkehrsnachfrage und -angebot in Bezug auf Transportleistungen und Auswirkungen vorgenommen werden, verbunden mit einer entsprechenden Bilanz. Wichtige Begriffe und Zusammenhänge dabei sind:

- Nachfrage Gesamtheit der Personen- resp. Fahrzeugbewegungen (resultiert aus Flächennutzungen, Bevölkerungsmengen, Mobilitätswünschen und -zwängen, kulturellem Umfeld und wirtschaftlichen Gegebenheiten)
- Angebot Gesamtheit der Verkehrsanlagen und Verkehrsmittel (für einen oder mehrer Verkehrsträger)
- Nachfrage > Angebot → Konflikte (bez. Kapazität, Sicherheit, Umwelt, Wirtschaftlichkeit)
- Dynamisierung: Entsprechend dem zeitlichen Kontext der zu untersuchenden VSM-Massnahme festgelegte Änderungsintervalle in Modellen ⁸
- Konfliktlösungen Neue/erweiterte Angebote?
Einsatz anderer, zweckmässigerer Verkehrsmittel
Optimierung des Verkehrsablaufs in betrieblicher Hinsicht? (← u.a. Verkehrstelematik)
Optimalere Nutzung der Angebote? (← u.a. Verkehrstelematik)
Initiierung von Verhaltensänderungen? (← u.a. Verkehrstelematik)
- Vergleich der Lösungsvarianten: → Prozess / diverse Verfahren / Instrumente → Analyse und Bewertung der Auswirkungen → Bestimmung der vorteilhaftesten Variante

Dabei ist zwischen den Begriffen Prozess, Verfahren und Instrument zu unterscheiden. Das umseitige Schema zeigt die Zusammenhänge:

⁸ Diese Änderungsintervalle können mit oder ohne Rückkopplung ausgelegt sein und unterschiedliche zeitliche Intervallgrössen haben. Verkehrsabläufe finden meist in einer Sekundenaufösung eine hinreichende Intervallisierung, da auch die Reaktionszeiten von Fahrzeugenkern in dieser Grössenordnung liegen. Das Dynamisierungsintervall von Routenberechnungen sollte Bezug auf die durchschnittlichen oder auch minimalen Reisezeiten auf den Teilstrecken („Kanten“) des abgebildeten Strassennetzes nehmen. Grössere Zeitintervalle erzeugen dagegen eine stationäre oder quasi-stationäre Betrachtung, wie sie beispielsweise durch eine minutenweise Betrachtung eines Netzabschnitts erzeugt wird, da hier einzelne Fahrzeugbewegungen nicht mehr aufgelöst werden können, sondern durchschnittliche Reisezeiten oder –geschwindigkeiten betrachtet werden müssen.

Abb. 9: Systematik eines Planungs- und Evaluationsprozesses

Allenfalls kann auch ein Verfahren in dem ein oder mehrere Instrumente zum Einsatz kommen gesamthaft als „Instrument“ angesehen werden, was beispielsweise bei Umweltverträglichkeitsprüfungen vereinzelt der Fall ist. Eine solche umfassende Interpretation des Begriffs „Instrument“ steht aber im Weiteren nicht im Vordergrund.

8.2 Die Instrumente

Zur Bestimmung (Quantifizierung) der Auswirkungen einer Massnahme sind in der Verkehrsplanung folgende Instrumente gebräuchlich.

Tab. 3: Übersicht Instrumente in der Verkehrsplanung

Einfache Instrumente	
-	Pauschale Schätzungen (Nachfrage, Belastungen)
-	Differenzierte Schätzungen (Nachfrage, Belastungen)
-	Erhebungen / Hochrechnungen
-	Leistungsberechnungen

Komplexere Instrumente
- Umlegungsmodelle (klassische / dynamische)
- Verkehrsnachfragemodelle (aggregiert/disaggregiert)
- Verkehrsfluss-Simulationsmodelle (Mikrosimulation)
- Modelle mit dynamischer Rückkoppelung
- Emissions-/Immissionsmodelle (Umwelt)
- Befragungen (z.B. Stated Preference)
- u.a.

Insbesondere den Umlegungs- und Verkehrsnachfragemodellen kommt unter den Instrumenten eine grosse Bedeutung zu. Hier sind vor allem die Entwicklungen bei den dynamischen Umlegungsmodellen zu beachten. Im Kap. 8.5 werden die Modelle und die Befragungsverfahren detaillierter untersucht.

8.3 Die Vergleichsverfahren

Den Instrumenten stehen die „Verfahren“ gegenüber, die beim Vergleich von Lösungsvarianten zum Einsatz kommen. Ziel dieser Verfahren ist es, die Auswirkungen einer Massnahme gesamthaft zu bewerten und zwischen verschiedenen Lösungsvarianten entscheiden zu können. Folgende Verfahren sind gebräuchlich:

Tab. 4: Übersicht Vergleichs- und Bewertungsverfahren in der Verkehrsplanung

Einfache Verfahren
- Pauschale Variantenvergleiche
- Einfache Rangbewertungen
- Qualitative Bewertungen
Komplexere Verfahren
- Machbarkeitsprüfungen
- Umweltverträglichkeitsprüfungen
- Nutzwertanalysen (inkl. teilaggregierte NWA)
- Zweckmässigkeitsprüfungen (inkl. NWA / VWA)
- Volkswirtschaftliche Bewertungen (z.B. KNA / KWA)
- Standardisierte Bewertung von Verkehrswegeinvestitionen
- Deskriptive Vergleiche

8.4 Verknüpfung Instrumente/ Verfahren/ VSM-Massnahmen

Die verschiedenen VSM-Massnahmen und die möglichen resp. beabsichtigten Wirkungen sind in Kap. 7 bereits erläutert worden. In Bezug auf diese Wirkungen sollen Evaluations- und Planungsinstrumente zu folgenden Aspekten Grundlagen liefern:

Tab. 5: Übersicht Wirkungselemente und Aufgaben der Instrumente

Wirkungsbereich	Element	Aufgaben von Instrumenten (Abbildung resp. Prognose von.....)
Verkehrsfliess	Optimierter Verkehrsfluss durch <ul style="list-style-type: none"> - Verkehrslenkung - angepassten, gleichmässigeren Verkehrsfluss - Zuflussbewirtschaftung - Dynamische Vorschriften / Empfehlungen 	<ul style="list-style-type: none"> - Verkehrsfluss - Verkehrsflussschwankungen - Rückstau, -dynamik - Belastungsverteilung - Beachtung/Wirkung von Vorschriften - Beachtung/Wirkung von Empfehlungen - Reisezeiten (verkehrsmittelspezifisch, gesamthaft)
MIV-Information	Bessere Information bez. aktuellem MIV-Angebot <ul style="list-style-type: none"> - situationsgerechte Fahrtplanung - Reduktion der Sicherheitszeiten (im Sinne von „Reservereisezeit“; → kürzere Reisezeit) - aktuell kürzere statt generell kürzere Route (Reisezeit) - aktuell kürzere statt generell kürzere Route (Distanz) - Modal Split Effekte dank Kenntnis aktueller Konfliktsituation 	<ul style="list-style-type: none"> - Zielwahl - Zielwahlbeeinflussung - Ausweicheffekte - Verkehrsmittelwahl - Verkehrsmittelwahlbeeinflussung - Nachfrageschwankungen MIV - Nachfragebeeinflussung MIV - Reisezeiten (verkehrsmittelspezifisch, gesamthaft) - Verkehrsleistung (verkehrsmittelspezifisch, gesamthaft)
OeV-Information	Bessere Information bez. aktuellem OeV-Angebot; Modal Split Effekte dank <ul style="list-style-type: none"> - besserer Kenntnis der OeV-Angebots-elemente - grösserer Fahrplantreue - höherem Komfort (bessere Information bei Störungssituationen, Kenntnis der Alternativen) 	<ul style="list-style-type: none"> - Verkehrsmittelwahl - Verkehrsmittelwahlbeeinflussung - Nachfrageschwankungen OeV - Nachfragebeeinflussung OeV - Transportleistung OeV - Reisezeiten OeV (bez. Einheit)
Verkehrssicherheit	Raschere + Genauere Information bez. plötzlichen Konfliktsituationen; Grössere Verkehrssicherheit dank <ul style="list-style-type: none"> - angepasster Fahrweise - verbesserter Wahrnehmung 	<ul style="list-style-type: none"> - Verkehrsfluss - Verkehrsflussschwankungen - Beachtung/Wirkung von Empfehlungen - Konfliktraten

Wie bereits im Abschnitt 5 angesprochen, ergeben sich bei der Quantifizierung von VSM-Wirkungen häufig Probleme und Unsicherheiten in Bezug auf die üblichen Kriterien von Evaluationsverfahren:

Tab. 6: Kriterien bei Evaluationsverfahren / Beurteilung bez. VSM und Instrumenten

Kriterien (z.B. NWA)	bez. VSM	Probleme, Unsicherheiten bei Quantifizierung	Bez. Zuverlässigkeit des Instruments
- Zeitersparnis	Relevant	- Verbreitung von Infogeräten/-inhalt ? - Akzeptanz (bez. Instrument / bez. Info-Inhalt) ? - Tatsächliche Routen-/Zielwahl ?	- Relevant - Relevant - Relevant
- Wegersparnis	Relevant	- Verbreitung / Akzeptanz / Routen-/Zielwahl dito ? - Tatsächliche Verkehrsmittelwahl ?	- Relevant - Relevant
- Verkehrssicherheit	Relevant	- Akzeptanz (bez. Instrument / bez. Info-Inhalt) ? - Tatsächliche Fahrweise Fahrzeuglenker ? - Treten kompensatorische Effekte auf ?	- Relevant - Relevant - Relevant
- Investitionskosten - Betriebskosten	Relevant Relevant	- Erfahrungswerte ?	- Nicht relevant
- Wirtschaftlichkeit, etc.	Relevant	- Verbreitung/Akzeptanz! (s.o.) und Umsetzungssicherheit ?	- Teilweise relevant
- Lärm - Lufthygiene	Relevant Relevant	- Tatsächliche Fahrweise Fahrzeuglenker ? - Routen-/ Ziel- und Verkehrsmittelwahl (→ Zeit- /Wegersparnis) ?	- Relevant - Relevant
- Landschaft - Lebensraum - Nutzungen	Kaum relev. Kaum relev. Kaum relev.	- keine - keine - keine	- - -
- Energieverbrauch	Relevant	- Tatsächliche MIV-Verkehrsleistung (vgl. Zeitersparnis) ?	- Relevant
- Siedlungsplanung - Wirtschaftsstruktur - Sozialstruktur	Evtl. relevant Relevant Evtl. relevant	- Sekundäreffekte als Folge veränderter Erreichbarkeiten ? abh. von Verbreitung/Akzeptanz! (s.o.); Zusammenhänge generell noch kaum quantifizierbar! - Sekundäreffekte als Folge gesellschaftlicher oder politischer Randbedingungen ?	- Evtl. relevant - Evtl. relevant

Zusammenfassend sind es vor allem die folgenden Wirkungselemente, die bei der Evaluation von VSM-Elementen mit den heutigen Instrumenten nur ungenügend erfasst sind und damit das Bewertungsergebnis verfälschen können:

- Verbreitung von nutzerspezifischen Komponenten der VSM-Massnahmen (z.B. Ausrüstungsgrad der Fahrzeuge mit Navigationsgeräten)
- Akzeptanz der Massnahmen beim Nutzer (z.B. Beachtungsgrad von Umsteigehinweisen oder alternativen Routenvorschlägen)
- Routen-, Ziel- und Verkehrsmittelwahl als Folge der erhaltenen Informationen
- Fahrweise der Fahrzeuglenker als Folge der erhaltenen Informationen
- Gegenläufige Effekte (neue Risiken infolge des Einsatzes von VSM-Massnahmen; z.B. riskantere Fahrweise wenn Gefahrenwarnungen unterbleiben)

8.5 Konkretisierung und Eignung der Instrumente

Dynamische Umlegungsmodelle (vgl. Anh. 1)	
Name: Verfahren nach Polumsky	
Hintergrund Der Autor wollte mit dem Modell das Problem klassischer Umlegungsverfahren lösen, bei dem die Zeitscheiben umzulegen-der Verkehrsmengen immer grösser sein müssen als die maximale Durchfahrtszeit durch das Netz.	
Aufbau Der Aufbau des Programms ist den Veröffentlichungen nur ansatzweise zu entnehmen. Das Verfahren wurde im Rahmen einer Dissertation vorgestellt und prototypisch implementiert. Neben der zeitlichen Aufteilung der Fahrten können auch zweckspezifische Fahrtenmatrizen mit jeweils unterschiedlichen zeitlichen Ganglinien vorgegeben werden.	
Verknüpfung mit Teilmodellen / anderen Modellen Verknüpfungen mit Verkehrserzeugungsmodellen sind prinzipiell immer möglich, es liegen jedoch keine dokumentierten speziellen Anwendungen vor.	
Notwendige Datengrundlagen - Eingabe eines Strassennetzes (Datenformat nicht näher spezifiziert) - Eingabe von zeitlich und gegebenenfalls nach Zwecken unterteilten Fahrtenmatrizen (Datenformat nicht näher spezifiziert).	
Einsatzbereiche	
Entwicklungsstand Das Modell befindet sich nach Stand der Dokumentationen in einem prototypischen Stadium, evtl. mit universitären Modifikationen an der RWTH Aachen. Eine kommerzielle Umsetzung ist nicht bekannt.	
Stärken Die Verkehrsumlegung wird zeitlich korrekter abgebildet, unplausible Verdrängungseffekte auf untergeordnete Strecken finden deutlich weniger statt. Unterschiedliche Zwecke können mit unterschiedlichen zeitlichen Ganglinien angegeben werden.	Schwächen Die Routensuche ist nicht hinreichend dynamisiert. Die Suche nach einer Bestwegroute findet immer noch ausgehend vom aktuellen Knoten anhand des aktuellen Zustands statt. Umgelegt werden Verkehrsmengen und keine Einzelfahrzeuge. Darüber hinaus gelten die gleichen Einschränkungen wie bei klassischen Umlegungsmodellen
Implementierungskosten Abhängig von der Professionalität des Instruments und der Zielsetzung von ½ PJ bis zu mehreren PJ	
Einsatz bez. VSM Prinzipiell alle Massnahmen, für die auch klassische Umlegungsmodelle in Frage kommen und bei denen durch die zeitliche Aufteilung und die Zweckunterteilung eine höhere Genauigkeit erreicht werden kann. Hauptsächlich betrifft dies Planungsfragestellungen.	
Fazit Eine interessante Verbesserung klassischer Umlegungsverfahren, die jedoch aufgrund des fehlenden praktisch nutzbaren Instrumentariums keine relevante Anwendungsoption darstellt.	

Dynamische Umlegungsmodelle (vgl. Anh. 2)	
Name: SATURN (Verfahren nach DNA)	
Hintergrund Die Autoren wollten mit dem Modell die gleichen Verbesserungen erzielen wie Polumsky und zusätzlich die Eigenschaft des SATURN-Modells zur Kapazitätsbeschränkung nutzen.	
Aufbau Der Aufbau des Programms orientiert sich an dem SATURN-Modell. Es handelt sich um ein erweitertes klassisches Umlegungsinstrument mit der Möglichkeit, Matrizen vorzugeben und diese entweder klassisch oder eben mit der feineren zeitlichen Auflösung samt kapazitiver Beschränkungen umzulegen.	
Verknüpfung mit Teilmodellen / anderen Modellen Verknüpfungen mit Verkehrserzeugungsmodellen erfolgen über den Matrizeninput. Auf der Netzebene existieren diverse Auswertungswerkzeuge, teilweise in das Programm integriert.	
Notwendige Datengrundlagen Die erforderlichen Datengrundlagen entsprechen jenen eines klassischen Umlegungsprogrammpaketes. Neben Matrizen in unterschiedlich feiner zeitlicher Auflösung können die vorhandenen Netzelemente der Strasse den Anforderungen entsprechend definiert werden analog zu typischen Umlegungsprogrammen der Verkehrsplanung.	
Einsatzbereiche Das Modell und das zugehörige Programmpaket wurde in der angelsächsischen Welt bereits viele Male angewendet. Es existieren neben den kommerziell erhältlichen Versionen universitäre Testinstallationen (beispielsweise an der Universität Dublin auf einem Parallelrechner). Typischer Einsatzbereich ist die Verkehrsplanung mit erhöhter Anforderung in Bezug auf die Massnahmenabbildung. Sinnvoller Einsatz bei Veränderungen im Strassennetz.	
Entwicklungsstand Das Modell ist kommerziell verfügbar (siehe http://www.its.leeds.ac.uk/software/satum/).	
Stärken Die Verkehrsumlegung wird zeitlich korrekter abgebildet und kapazitive Restriktionen führen zu Rückstauwirkungen. Das Programmpaket ist kommerziell verfügbar und entsprechend geeignet zum praktischen Einsatz.	Schwächen Die Routensuche ist nicht hinreichend dynamisiert. Fragestellungen mit Auswirkungen auf die Nachfrage können nur unzureichend abgebildet werden.
Implementierungskosten Lizenzen sind ab 7000 £ verfügbar. Pflege und Wartung wird mit 15% der Anschaffungskosten jährlich beziffert.	
Einsatz bez. VSM Prinzipiell alle Massnahmen, für die auch klassische Umlegungsmodelle in Frage kommen und bei denen durch die zeitliche Aufteilung und die Zweckunterteilung eine höhere Genauigkeit erreicht werden kann. Hauptsächlich betrifft dies Planungsfragestellungen und Modifikationen im Netz. SATURN wurde auch schon bei Steuerungsmassnahmen eingesetzt.	
Fazit Das SATURN-System ist eine Alternative zu klassischen Planungswerkzeugen. Es bietet neben klassischer Umlegung die Möglichkeit, zeitlich dynamisierte Fahrtenmatrizen in ein Netz einzuspeisen, das in der Lage ist, eine erhöhte Nachfrage an kapazitiven Engpässen korrekt in Rückstau abzubilden.	

Modelltyp Dynamische Umlegungsmodelle (vgl. Anh. 3)	
Name: DRUM	
Hintergrund Der Autor wollte mit dem Modell die Belastungsverteilungen der dynamischen Umlegung realistischer machen. Ausgangspunkt waren die Defizitanalysen des Polumskymodells, wo immer optimale Belastungskennnisse vorausgesetzt werden und keine Prognosen stattfinden.	
Aufbau Das Programm besteht aus den Komponenten SP, SA und OS. Die Komponente SP ist für strategische Planungen vorgesehen, in der kein Verkehrsteilnehmer eine vollständige Kenntnis der Netzsituation vor ihm besitzt. Die Komponente SA bildet für eine Systemanalyse die Information durch Managementeinheiten ab und arbeitet zusammen mit der Komponente OS für operationale Steuerungsmassnahmen.	
Verknüpfung mit Teilmodellen / anderen Modellen Verknüpfungen mit Verkehrserzeugungsmodellen sind nicht bekannt.	
Notwendige Datengrundlagen Die erforderlichen Datengrundlagen beschränken sich auf eine Netzbeschreibung (Datenformat nicht näher spezifiziert) und die Definition von zeitlich abgestuften Fahrtenmatrizen (Datenformat nicht näher spezifiziert).	
Einsatzbereiche Das Modell und das zugehörige Programmpaket wurde im Rahmen von Forschungsarbeiten mehrfach angewendet. Es wurden Wechselwirkungen zwischen kollektiven und individuellen Zielführungssystemen untersucht.	
Entwicklungsstand Das Modell ist in der Firma IVV in Aachen (Deutschland) vorhanden und wird dort für Auftragsarbeiten zum Einsatz gebracht. Es ist nicht bekannt, ob das Modell für Externe verfügbar ist.	
Stärken Die Verkehrsumlegung wird über eine zeitabhängige Umlegung realisiert, wodurch quasi Kenntnisse der Personen über den vorliegenden Verkehrszustand nur für etwa 10 Minuten (Zeitschrittweite für Umlegung) angenommen werden. Kann Kapazitätsengpässe in ihrer Wirkung korrekt wiedergeben.	Schwächen Aufgrund eines erforderlichen Adaptionvorgangs müssen mehrere (je nach Komplexität des Netzes eine beträchtliche Anzahl) Iterationen durchgeführt werden, bevor sich gewünschte Netzzustände eingestellt haben. Daher ist die Kalibration (Adaption) aufwendiger als bei den vorher genannten Modellen
Implementierungskosten Da der Entwicklungs- und Verfügbarkeitsstand unbekannt ist, können hier keine konkreten Aussagen gemacht werden.	
Einsatz bez. VSM Das System wurde zu Forschungszwecken eingesetzt.	
Fazit Das Programmpaket eignet sich für dynamische Umlegungsfragen, in denen es auf die korrekte zeitliche und kapazitätsmässige Auflösung von Belastungszuständen ankommt. Dies ist immer dann der Fall, wenn die betrachteten Zeitintervalle deutlich kürzer sind als die Durchfahrtszeit durch das betrachtete Netz.	

Dynamische Umlegungsmodelle (vgl. Anh. 4)	
Name: DYNEMO	
Hintergrund Der Autor wollte mit dem Modell die Wirkungen von Alternativroutensteuerungen abbilden.	
Aufbau Das Programm besteht aus den Komponenten Ablaufsteuerung, Datenhaltung, Simulationskern, Routenführung und Verbrauchsberechnung.	
Verknüpfung mit Teilmodellen / anderen Modellen Verknüpfungen mit Verkehrserzeugungsmodellen wurden prototypisch an Universitäten implementiert. Durch die Verfügbarkeit im Sourcecode lassen sich alle gewünschten Ausgaben in Textform erzeugen. Auch die direkte Ankopplung anderer Programme ist möglich, aber mit entsprechendem Entwicklungsaufwand verbunden. Das Programm verfügt über keine von aussen zugänglichen standardisierten Schnittstellen.	
Notwendige Datengrundlagen Die erforderlichen Datengrundlagen beschränken sich auf eine Netzbeschreibung und die Definition von Fahrtenmatrizen. Neben diesen Daten ist allerdings die Definition von v-k-Beziehungen für jede Strecke erforderlich. Das Datenformat ist ein internes Format in ASCII (Dokumentation existiert).	
Einsatzbereiche Das Modell und das zugehörige Programmpaket wurde im Rahmen der Forschung mehrfach angewendet. Es wurden Alternativroutensteuerungen im Rhein-Main-Gebiet und im Ruhrgebiet untersucht und es wurden prototypische Ergänzungen vorgenommen, um Emissionen zu ermitteln. Weitere Forschungsvorhaben bezogen sich auf die Beschleunigung des Rechenvorgangs.	
Entwicklungsstand Das Modell ist über die Firma PTV AG kommerziell verfügbar (siehe http://www.ptv.de/cgi-bin/traffic/traf_vonline.pl). Eine nicht-kommerzielle Version ist am Institut für Verkehrswesen, Karlsruhe im Source-Code verfügbar.	
Stärken Es können Einzelfahrzeuge abgebildet werden und die Simulation bietet eine bessere Abbildegenauigkeit als mikroskopische Flussmodelle. Damit lassen sich Massnahmen, die auf spezielle Fahrzeugkategorien abzielen, modellieren.	Schwächen Die Routensuche ist nicht hinreichend dynamisiert. Die Eingabe von Geschwindigkeits-Dichte-Beziehungen für jedes Netzsegment ist verhältnismässig aufwendig.
Implementierungskosten Lizenzen sind über die PTV AG verfügbar. Kosten auf Anfrage. Die Version der Universität Karlsruhe ist in der Programmiersprache ‚C‘ geschrieben und unter Linux-Systemen lauffähig. Diese Version ist nicht interaktiv. Die Kosten zur Inbetriebnahme der Software liegen in der Grössenordnung von 1 PW bis hin zu 1 PM (je nach Kenntnisstand des Entwicklers).	
Einsatz bez. VSM Das System wurde bei Steuerungsmassnahmen zur Prognose der Wirkungen eingesetzt. Referenzen der PTV nennen die EXPO 2000 und die Verkehrsmanagementzentrale Berlin sowie die IST 2000 in Turin.	
Fazit Das Programmpaket eignet sich für Steuerungsfragen und –prognosen sofern sich die Massnahmen auf das Netz beziehen. Eine Rückkopplung zur Nachfrageebene findet nicht statt. Der Einsatz ist gekennzeichnet durch einen Zyklus von Verkehrslageerkennung aufgrund von Messdaten und daraus Berechnung einer Kurzfristprognose.	

Dynamische Umlegungsmodelle (vgl. Anh. 5)	
Name: Zelluläre Automaten (CA)	
Hintergrund Das ursprüngliche Ziel bestand in der Entwicklung einer praktisch nutzbaren Anwendung für Parallelrechner. Das klassische CA-Modell lässt sich sehr gut parallelisieren. Es lassen sich damit sehr grosse Verkehrsnetze in Realzeit rechnen.	
Aufbau Das Programm besteht aus nicht näher spezifizierten Komponenten. Im wesentlichen wurden unterschiedliche Modelltheorien veröffentlicht. Lediglich zu den beiden Programmpaketen an der Universität Duisburg und im DLR-Forschungszentrum in Berlin existieren Dokumentationen.	
Verknüpfung mit Teilmodellen / anderen Modellen Die Realisierung von Verknüpfungen steht noch am Anfang. In einer Reihe von Projekten werden Verknüpfungsmöglichkeiten z.B. mit online-Informationssystemen untersucht (siehe auch http://www.traffic.uni-duisburg.de/)	
Notwendige Datengrundlagen Netzbeschreibungsdatei (Format grösstenteils unbekannt), Fahrtenbeziehungen	
Einsatzbereiche Angewandt in der Simulation des Nordrhein-Westfälischen Vorrangstrassennetzes und des Strassennetzes der Stadt Duisburg. (siehe http://www.traffic.uni-duisburg.de/).	
Entwicklungsstand Die Modelle sind typischerweise nur als Modellansatz veröffentlicht. Es gibt eine Reihe von Beispielimplementierungen zu Anschauungszwecken. Weiter bekannt sind zwei Implementierungen mit denen grössere Anwendungen möglich sind. Dies ist das an der Universität Duisburg entwickelte Programmsystem (siehe http://www.traffic.uni-duisburg.de/) und das im Modellpaket SUMO zur Anwendung kommende Netzsimulationsmodell (siehe http://sumo.sourceforge.net/)	
Stärken Es können Einzelfahrzeuge abgebildet werden und die Simulation ist trotz Einzelfahrzeugabbildung sehr leistungsfähig. Alle Massnahmen, die auf die Fahrzeugebene abzielen, lassen sich modellieren.	Schwächen Mit Ausnahme der oben benannten Programmsysteme liegen keine kompletten Anwendungen vor. Auch die beiden benannten Systeme sind keine kommerziellen Programmpakete im Sinne von einfacher und gut dokumentierter Benutzerführung.
Implementierungskosten Abhängig von dem verwendeten Ausgangspunkt und dem beabsichtigten Anwendungszweck bewegen sich die Implementierungskosten zwischen 2 PM und mehreren PJ.	
Einsatz bez. VSM Das Modellsystem lässt sich prinzipiell bei allen VSM-Massnahmen einsetzen, bei denen individuelle und/oder kollektive Beeinflussungen auf Netzebene stattfinden.	
Fazit Die Modellkategorie eignet sich sehr gut, um VSM-Einflüsse auf Netzebene auf mesoskopischem Betrachtungsniveau abzubilden. Detaillierte Verkehrsflussphänomene auf mikroskopischer Ebene werden nur sehr stark vereinfacht abgebildet, aber Routenwahl, Stauerscheinungen und zeitliche Latenzen im Verkehrsfluss sind sehr gut abbildbar.	

Verkehrsflusssimulationsmodelle (vgl. Anh. 6)	
Name: Diverse	
Hintergrund Detaillierte Abbildung von Verkehrsflussphänomenen.	
Aufbau Die Programme bestehen in der Regel aus den Komponenten Ablaufsteuerung, Datenhaltung und Simulationskern, netzfähige Simulationsprogramme zusätzlich noch aus der Komponente Routenführung.	
Verknüpfung mit Teilmodellen / anderen Modellen Verknüpfungen mit Verkehrserzeugungsmodellen finden erst in jüngster Zeit an Forschungseinrichtungen statt.	
Notwendige Datengrundlagen Die erforderlichen Datengrundlagen beschränken sich auf eine Netzbeschreibung und die Definition von Fahrtenmatrizen. Die Netzbeschreibung muss jedoch detaillierter eingegeben werden als für reine Knoten-Streckenmodelle, da beispielsweise die Anzahl der Fahrstreifen erforderlich ist. Für viele Mikrosimulationsprogramme sind auch detaillierte Beschreibungen von LSA und LSA-Steuerungen sowie die zugehörigen Detektoren notwendig.	
Einsatzbereiche Umfangreiche Einsatz- und Anwendungsbereiche existieren. Typischer Anwendungsbereich ist die Simulation von Verkehrsphänomenen zur sehr detaillierten Auswertung. Die Simulation von Verkehrsabläufen für LSA – wobei hier speziell die verkehrsunabhängigen und koordinierten oder sogar über Ausgleichsalgorithmen gesteuerten LSA im Vordergrund stehen – ist eine Domäne dieser Modelle. Vereinzelt werden in Forschungseinrichtungen mikroskopische Verkehrsablaufmodelle mit mikroskopischen Nachfrageerzeugungsmodellen verknüpft.	
Entwicklungsstand Die vorhandenen Programme haben unterschiedliche Entwicklungs- und Reifestände. Ein Grossteil der Programmsysteme ist in Universitäten oder vergleichbaren Forschungseinrichtungen entstanden. Auf dem Markt sind einige kommerzielle Programme verfügbar. Zu den bekannteren zählt das Programm VISSIM der Firma PTV.	
Stärken Es können Einzelfahrzeuge abgebildet werden und die Simulation ist sehr detailliert. Der Hauptvorteil liegt in der klaren algorithmischen Beschreibung von Massnahmewirkungen auf Fahrzeug- oder Fahrzeugföhrezebene. Damit lassen sich eine Vielzahl von Massnahmen, die auf einzelne Fahrzeuge abzielen, modellieren.	Schwächen Routensuchen sind heuristisch implementiert. Oft kommen iterative Verfahren zum Einsatz, bei denen mittels Schwellenwerten eine ausgewogene Belastungsverteilung angenähert wird. Eine weitere Schwäche ist die hohe Anforderung an Rechenleistung und Speicher. Die Simulation eines grossen Strassennetzes erfordert lange Rechenlaufzeiten.
Implementierungskosten Lizenzen sind über die PTV AG verfügbar. Kosten auf Anfrage. Andere, speziell universitäre Programmpakete, auf Anfrage. Modellerstellung bei kommerziellen Programmen je nach Netzgrösse zwischen 1 und mehreren PM, Programme im Sourcecode o.ä. zusätzlich zwischen 3 und 12 PM zur Inbetriebnahme.	
Einsatz bez. VSM stark mikroskopisch geprägte VSM; vor allem: Fahrerassistenzsysteme, individuelle Beeinflussung durch Informationen, Lenkung auf Netzebene durch koordinierte, verkehrsunabhängige LSA oder LSA-Strategieverbund	
Fazit Diese Programmfamilie eignet sich sehr gut, um differenzierte Untersuchungen auf der Netzebene durchzuführen. Speziell die Analyse von Steuerungsstrategien von LSA und andere mikroskopische Einflüsse sind sehr gut abbildbar. Die Modellfamilien eignen sich weniger für längerfristige Simulationen, bei denen es um Veränderungen des Verkehrsverhaltens geht.	

Nachfragesimulationsmodelle (vgl. Anh. 7)	
Name: Hochrechnungen	
Hintergrund Wichtigste Aktualisierungsform für Matrizen und Mess- oder Befragungsdaten.	
Aufbau Die Programme sind üblicherweise Bestandteil grosser Programmpakete beispielsweise der VISUM-Familie. Prinzipiell sind auch alle Statistikpakete wie SAS, etc. zur Hochrechnung geeignet	
Verknüpfung mit Teilmodellen / anderen Modellen Verknüpfungen mit statischen Umlegungsmodellen sind Stand der Entwicklung.	
Notwendige Datengrundlagen Als Datengrundlage dient im Falle von Matrixverfahren eine existierende Matrix oder auch nur Randvektoren, im Falle von Haushaltsbefragungsdaten oder Messdaten werden ebenfalls Zielwerte für die Hochrechnung benötigt.	
Einsatzbereiche Hochrechnungen werden dort angewendet, wo rasche Datenaktualisierungen gewünscht sind und die Genauigkeit auf makroskopischer Ebene ausreichend ist. So dienen Hochrechnungen auch oft der Übertragung mikroskopisch kleinräumig ermittelter Ergebnisse auf grössere Gebiete, für die sich aufgrund der Aufwands- und Performance-Einschränkungen der vollständige Einsatz auf mikroskopischer Ebene verbietet.	
Entwicklungsstand Hochrechnungsverfahren sind sowohl in Statistikprogrammen als auch als eigenständige Komponenten oder Bestandteile anderer Verkehrsprogramme seit vielen Jahren ausgereift. Bedienkomfort und Leistungsfähigkeit sind bestimmende Preisfaktoren.	
Stärken Rasche Berechnung von Matrizen, Eingabedaten und Kenngrössen; ausgereifte Verfahren; vielfältige Verfügbarkeit	Schwächen Die Einfachheit der Anwendung täuscht oft über die dahinterliegenden notwendige Prüfung der Zulässigkeit der Berechnung. Daher können Scheingenauigkeiten und Fehlinterpretationen entstehen.
Implementierungskosten Sinnvoll ist der Erwerb von Programmmodulen über ihre Integration in Verkehrsprogrammsysteme oder über Statistikpakete. Hier bestimmen die Gesamtsysteme den Preis, der sich von einigen 1000 SFr. bis zu einigen 10'000 SFr bewegen kann. Die Einarbeitung in die Bedienung der Verfahren benötigt meist wenige PT.	
Einsatz bez. VSM Hochrechnungsverfahren sind sinnvoll bei der Übertragung von Ergebnissen kleinräumiger oder kurzzeitiger Simulationen oder zur raschen Abschätzung von Kenngrössen. Zum alleinigen Einsatz ist das Verfahren nicht zu empfehlen.	
Fazit Haupteinsatzgebiet ist die Ermittlung von Kenngrössen und Datengrundlagen für planerische Aufgaben. Der Einsatz im Rahmen von VSM ist nur in Randbereichen oder zur Übertragung von Ergebnissen sinnvoll. Rasche Ergebnisermittlung, jedoch nur pauschalisierte Werte.	

Nachfragesimulationsmodelle (vgl. Anh. 7)	
Name: Verkehrsteilungsmodelle (Verkehrsmittelwahlmodelle)	
Hintergrund Spezielle Modellkategorie zur alleinigen Ermittlung von Wirkungen modal split-beeinflussender Massnahmen.	
Aufbau Die Programme sind meist Bestandteil vollständiger Nachfrageberechnungs- oder -simulationsprogramme. Als eigenständige Programmteile vergleichbar mit Hochrechnungsverfahren.	
Verknüpfung mit Teilmodellen / anderen Modellen Überwiegend werden die Verkehrsteilungsmodelle zusammen mit Nachfrage- und Zielwahlmodellen vereint. Sehr selten wird im Forschungseinsatz diese Komponente mit weiteren Nachfragekomponenten und einer Netzkomponente kombiniert.	
Notwendige Datengrundlagen Erforderlich ist meist eine gegebene Verteilungsmatrix (Fahrtenmatrix) und die entsprechenden Netzwiderstände. Hier sind die einzelnen Grössen vom Rechenmodell abhängig. Mikroskopische Verkehrsteilungsmodelle arbeiten meist mit statistisch analysierten mikroskopischen Haushaltsdaten und ebenfalls den notwendigen Netzwiderständen. Im Gegensatz zu einer Matrizenrechnung können hier aber kausale Plausibilisierungen verwendet werden (z.B. keine PW-Benutzung ohne Führerscheinbesitz).	
Einsatzbereiche Das Verfahren wird immer dann angewendet, wenn eine verkehrsteilungsrelevante Massnahme in ihrer Auswirkung grob abgeschätzt werden soll. Die in der Realität meist einhergehende Verhaltensveränderung durch die Massnahme wird vernachlässigt.	
Entwicklungsstand Die Modelle sind ausgereift und in sehr unterschiedlich komplexer Ausprägung verfügbar. Während bei mikroskopischen Daten meist regelbasierte Wahlverfahren verwendet werden (siehe oben) kommen im Falle der Matrixaufteilung meist Logitverfahren (simultan oder nested) zum Einsatz. Für Fernverkehrsaufteilungen haben sich nichtlineare Verfahren durchgesetzt.	
Stärken Rasche Abschätzung einer verkehrsteilungsrelevanten Massnahme. Einfache Kontrollierbarkeit der Massnahmewirkungen.	Schwächen Vernachlässigung der Verhaltensänderungseffekte und der dadurch entstehenden Rückkopplungen auf den Netzwiderstand.
Implementierungskosten Im Rahmen kommerzieller Programmsysteme meist Bestandteil (siehe Hochrechnungsverfahren). Aber auch umfangreiche Literaturquellen mit hinreichend detaillierter Verfahrensbeschreibung vorhanden. Bei Eigenimplementierung entstehen Aufwände von 2 bis 6 PM (bei entsprechenden Vorkenntnissen von Programmierung). Die eigentliche Anwendung benötigt nur wenige PT Einarbeitungszeit.	
Einsatz bez. VSM Der alleinige Einsatz von Verkehrsteilungsmodellen bei VSM ist wenig sinnvoll. Hingegen sind sie ein wichtiger Bestandteil von Gesamtsimulationspaketen. Mikroskopische Verkehrsteilungsmodelle von besonderer Bedeutung bei modal split-relevanten Massnahmen;	
Fazit Im Zusammenhang mit anderen Programmkomponenten sehr wichtiges Programmmodul zur Berechnung modal split-relevanter Massnahmen. Besonders sinnvoll im Zusammenhang mit mikroskopischer Simulation.	

Nachfragesimulationsmodelle (vgl. Anh. 7)	
Name: Vier-Schritte-Modelle	
Hintergrund Sie stellen erste praktisch umsetzbare Verfahren zur vollständigen Berechnung von Nachfrage und Netzbelastungen dar. Hintergrund der Anwendung waren Planungszwecke.	
Aufbau Programm besteht in der Regel aus den Komponenten Verkehrserzeugung, Verkehrsverteilung, Modal Split und Umlegung.	
Verknüpfung mit Teilmodellen / anderen Modellen Verknüpfungen finden meist nur im Zusammenhang mit ergänzenden Funktionalitäten statt.	
Notwendige Datengrundlagen Es sind Eingabedaten auf Zonenbasis erforderlich: Einwohner, Gelegenheiten und Netzangebote. Formate sind vielfältig, da inzwischen eine ganze Reihe von Programmpaketen auf dem Markt sind und jeweils spezifische Formate erforderlich sind. Zudem sind Informationen über Verkehrsparameter erforderlich, wie z.B. die Verkehrserzeugungsrate im Untersuchungsgebiet.	
Einsatzbereiche Die Modelle werden im klassischen Planungsbereich angewendet.	
Entwicklungsstand Programme sind kommerziell von verschiedenen Firmen verfügbar.	
Stärken Ausgereifter Entwicklungsstand. Langjährige Erfahrungen im Einsatz liegen vor.	Schwächen Grobe Ergebnisse, nur für entfernte Zustände sinnvoll einsetzbar. Nicht für VSM geeignet.
Implementierungskosten Lizenzkosten kommerzieller Programme in unterschiedlichen Grössenordnungen, massgeblich beeinflusst durch die neueren Fähigkeiten der Programmpakete. Preise von wenigen 1000 SFr bis hin zu mehreren 10'000 Sfr. Teilweise alte Programmpakete kostenlos erhältlich, aber Aufwand zur Inbetriebnahme zwischen wenigen PT und mehreren PM.	
Einsatz bez. VSM Nicht sinnvoll für VSM einsetzbar	
Fazit Veraltete Anwendungs- und Verfahrensfamilie, die den Anforderungen der heutigen Zeit und den neuen Erkenntnissen und Verfahren nicht mehr folgen kann.	

Nachfragesimulationsmodelle (vgl. Anh. 7)	
Name: Verhaltensorientierte Individualmodelle	
Hintergrund Die Klasse der verhaltensorientierten Modelle (auch bekannt als disaggregierte Nachfragemodelle) wurde entwickelt, da man eine Hauptschwachstelle der klassischen Vierstufen-Modelle in der pauschalieren Behandlung aller Personen erkannte.	
Aufbau Programm besteht in der Regel aus den Komponenten Verkehrserzeugung, Verkehrsverteilung, Modal Split und Umlegung.	
Verknüpfung mit Teilmodellen / anderen Modellen Verknüpfungen finden meist nur im Zusammenhang mit ergänzenden Funktionalitäten statt.	
Notwendige Datengrundlagen Es sind Eingabedaten auf Personen- oder Haushaltsbasis erforderlich: Gelegenheiten und Netzangebote. Formate sind vielfältig, da inzwischen eine ganze Reihe von Programmpaketen auf dem Markt sind und jeweils spezifische Formate erforderlich sind. Die notwendigen Datengrundlagen zur Etablierung eines Modells müssen meist über Haushaltsbefragungen gewonnen und die einzelnen Parameter in Abhängigkeit der identifizierten verhaltenshomogenen Personengruppen ermittelt werden.	
Einsatzbereiche Die Modelle werden im klassischen Planungsbereich angewendet.	
Entwicklungsstand Programme sind kommerziell von verschiedenen Firmen verfügbar. Weiterentwicklung wird partiell betrieben, in Abhängigkeit vom spezifischen Untersuchungsfall.	
Stärken Ausgereifter Entwicklungsstand. Mehrjährige Erfahrungen im Einsatz liegen vor. Deutlich bessere Ergebnisse im Planungssektor als mit den einfachen Vier-Schritte-Modellen	Schwächen Die Ergebnisse sind für VSM nur bedingt geeignet. Aufwändige Kalibration des Modells erforderlich. Der Überblick kann leicht verloren gehen, komplexe Modelle entstehen.
Implementierungskosten Lizenzkosten kommerzieller Programme in unterschiedlichen Grössenordnungen, massgeblich beeinflusst durch die neueren Fähigkeiten der Programmpakete. Preise von wenigen 1000 SFr bis hin zu mehreren 10'000 SFr. Teilweise alte Programmpakete kostenlos erhältlich, aber Aufwand zur Inbetriebnahme zwischen wenigen PT und mehreren PM. Die Umsetzung und Kalibration eines Nachfragemodells beläuft sich in Abhängigkeit der Grösse des Untersuchungsraumes und den direkt verfügbaren Datengrundlagen von wenigen PM bis hin zu einem PJ. Die Angaben beziehen sich nur auf die reine Nachfrageberechnung.	
Einsatz bez. VSM Nur bedingt für VSM einsetzbar	
Fazit Verhaltensorientierte Individualmodelle werden heute verbreitet angewendet; kommen aus dem Planungsbereich und haben dort ihre Stärken; für VSM in den meisten Anwendungsfällen zu grob, um differenzierte Aussagen zu ermöglichen.	

Nachfragesimulationsmodelle (vgl. Anh. 7)	
Name: Mikroskopische Nachfragemodelle	
Hintergrund Ausgangsbasis der Entwicklung war die Überlegung, die vorhandenen Haushaltsbefragungsdaten unverändert in die Rechnung zu übernehmen anstatt diese zu zerlegen und erneut zusammensetzen.	
Aufbau Bestandteil entsprechender Programme sind Hochrechnungsteile, die aus den Haushaltsbefragungsdaten einen ‚Gesamtdatensatz‘ erzeugen, Zielwahl, Verkehrsmittelwahl bezogen auf die mikroskopische Datenbasis meist regelbasiert, Umlenkungs-komponente wie bei den vorher genannten Modellen.	
Verknüpfung mit Teilmodellen / anderen Modellen In aller Regel Verknüpfung mit unterschiedlichen Umlenkungsmodellen.	
Notwendige Datengrundlagen Datengrundlage ist eine vorhandene Haushaltsbefragungsdatei. Zudem sind die sozio-demographischen Randbedingungen und Netzangebote erforderlich.	
Einsatzbereiche Die Modellkategorie wurde in Deutschland besonders in der Region Nürnberg durch H. Zumkeller entwickelt und angewandt. Im aussereuropäischen Ausland weitere Anwendungen. Bislang hauptsächlich Einsatzbereich ist nach wie vor der Planungssektor.	
Entwicklungsstand Kommerzielle Programme sind bislang nicht erhältlich. Einige Rumpfprozeduren wurden durch Forschungseinrichtungen veröffentlicht. Zudem existieren umfangreiche Dokumentationen und Verfahrensveröffentlichungen.	
Stärken Auf Personenebene arbeitend. Daher lassen sich plausible Regeln zur Reaktion in Abhängigkeit des Personen- und Situationskontextes formulieren. Ergebnisse gut plausibilisierbar.	Schwächen Bislang keine kommerziellen Programmpakete verfügbar. Nur Sammlungen von Einzelroutinen.
Implementierungskosten Implementierungskosten liegen in Abhängigkeit der Grösse des Untersuchungsgebietes und bei Vorliegen der Grundlagendaten bei wenigen PM bis hin zu einem PJ. Die Angaben beziehen sich nur auf die reine Nachfrageberechnung.	
Einsatz bez. VSM Bislang ist nicht bekannt, dass diese Modellfamilie bei VSM eingesetzt wurde, auch wenn dies eigentlich nahe liegen würde.	
Fazit Die Programmfamilie eignet sich prinzipiell gut, um VSM-Wirkungen abzuschätzen, da alle Wirkungen auf Personenebene formuliert werden können. Die geringe Verbreitung im europäischen Raum hat hier zusammen mit der Tatsache, dass das Modell aus dem klassischen Planungsbereich kommt, und wenige Interdependenzen zu VSM-Anwendern bestehen einen Einsatz verhindert.	

Nachfragesimulationsmodelle (vgl. Anh. 7)	
Name: Mikroskopische Nachfragemodelle auf der Basis des Deutschen Mobilitätspanels mit Verhaltensvariation	
Hintergrund Ausgangspunkt der Entwicklung waren die oben erwähnten mikroskopischen Modelle, die vorhandene, seit Jahren gepflegte Datenbasis des Deutschen Mobilitätspanels und der Ansatz, auf eben der Basis individueller Entscheidungen Werkzeuge zu entwickeln, die eine grosse Bandbreite von VSM-Massnahmen detailliert abschätzen können.	
Aufbau Die Modelle bestehen aus einem Teil, der eine synthetische Bevölkerung aus den Paneldaten für ein Untersuchungsgebiet anhand sozio-demographischer Randwerte erzeugt und einem Simulationsteil, der die Mobilität der Personen über den Tag simuliert, wobei Ziel- und Verkehrsmittelwahl im Verlauf der Simulation durchgeführt werden.	
Verknüpfung mit Teilmodellen / anderen Modellen Die Verknüpfung dieser Art von Nachfragemodellen mit Verkehrsablaufs-Simulationsmodellen im MIV und OeV sind möglich.	
Notwendige Datengrundlagen Als Datengrundlage sind neben den sozio- demographischen Randbedingungen die Daten des Deutschen Mobilitätspanels oder ersatzweise Haushaltbefragungsdaten oder anderweitige Mobilitätserhebungen erforderlich. Die Daten des Deutschen Mobilitätspanels können über das Ministerium bezogen werden. Informationen hierzu unter www.mobilitaetspanel.de . Ebenso sind wie für andere Nachfragemodelle die Angebotskenngrössen der Verkehrsnetze erforderlich.	
Einsatzbereiche Die Modelle befinden sich noch im Entwicklungsstadium. Praktische Anwendung finden Modelle dieser Kategorie im Projekt ILUMASS in Nordrhein-Westfalen, bei der Evaluierung von VSM im OeV in der Region Ulm und im Rahmen von Wirkungsanalysen bei weiträumiger Verbreitung von Informationssystemen im Projekt OVID (alle Projekte in Deutschland).	
Entwicklungsstand Die Programmsysteme sind noch im Entwicklungsstadium. Entwicklungen finden in USA, Kanada und Deutschland statt.	
Stärken Sehr präzise und kontrollierbare Formulierung von Regeln und Bedingungen auf Individualebene. Damit prinzipiell alle denkbaren VSM abbildbar.	Schwächen Aufwändige Simulation mit hohen Anforderungen an die Rechner. Bei grossen Untersuchungsgebieten sind Rechenzeitverhältnisse von mehr als 1 durchaus möglich, d.h., eine Sekunde Systemzeit braucht mehr als eine Sekunde Rechenzeit. Es liegen noch wenig Anwendungserfahrungen vor.
Implementierungskosten Kommerzielle Programme sind noch nicht verfügbar. Eigene Implementierungen auf der Grundlage der vorhandenen Veröffentlichungen liegen in Abhängigkeit der gewünschten Funktionalität und Bedienung im Bereich von 6 PM bis hin zu mehreren PJ. Hinzu kommen die Kosten für die Etablierung eines gewünschten Modells. Hier sinken die Kosten bei Vorliegen der Datengrundlagen aufgrund der einfacheren Kontrollierbarkeit der Abläufe gegenüber den disaggregierten Modellen und liegen in Abhängigkeit der Grösse des Modellgebiets zwischen 1 PM bis hin zu 6-8 PM.	
Einsatz bez. VSM Die Systeme wurden zur Berechnung von VSM-Wirkungen von integrierten, dynamischen OeV-Diensten und von flächendeckend verfügbaren MIV-Informationssystemen eingesetzt. In letzterem Projekt hat besonders auch die durch die Information entstehende Rückkopplung auf die Verhaltensvariationen eine besondere Bedeutung.	
Fazit Eine zukunftssträchtige Entwicklungsfamilie mit hohem Zukunftspotential, die aber noch einige Zeit braucht, um am Markt verfügbar zu sein.	

Befragungsmodelle (vgl. Anh. 8)	
Name: Stated Preferences	
Hintergrund Direkte Nutzenmessung durch Befragung, ohne dass beim Befragten bereits Erfahrungen zur Massnahme bestehen	
Aufbau Keine einheitlichen Programme und Verfahren - von Aufgabenstellung und Art der verfügbaren Massnahme sowie des Stichprobenumfangs und der Schichtung abhängig; In aller Regel aber Fragebögen auf Papier- oder elektronischer Basis.	
Verknüpfung mit Teilmodellen / anderen Modellen Eine Verknüpfung kann nach Befragung und Auswertung erfolgen. Beispielsweise indem die Ergebnisse in Hochrechnungsmodelle eingesetzt werden, um Mengenhochrechnungen und/oder Flächenhochrechnungen zu ermöglichen.	
Notwendige Datengrundlagen Wesentliche Voraussetzung ist die Verfügbarkeit einer hinreichend guten Beschreibung und Darstellung der zu realisierenden Massnahme. Die Zielgruppe und damit die Grundgesamtheit der zu befragenden Personen muss feststehen.	
Einsatzbereiche Kann überall dort eingesetzt werden, wo komplexe Massnahmen eine einfachere Form der Messung nicht erlauben. Dies gilt dann, wenn aufgrund anderer Effekte oder aufgrund zeitlicher Adaptionenprozesse Schwierigkeiten bei der Ermittlung der direkten Wirkung zu erwarten sind oder der Zeitraum zur Wirkungsentfaltung sehr gross sein kann.	
Entwicklungsstand Befragungen zu Stated Preferences können inzwischen auf einige Jahre Erfahrungsgeschichte zurückblicken. Daher sind Verfahren bekannt, die qualitativ und quantitativ gute Ergebnisse erzielen.	
Stärken Wirkungen können direkt befragt werden. Damit sind qualitativ gute Ergebnisse erzielbar. Prinzipiell auf jede Massnahme anwendbar.	Schwächen Aufgrund des aufwändigen Verfahrens nur sehr eingeschränkte Stichproben möglich. Fehler bei der Befragung sehr leicht möglich, damit Gefährdung des Gesamtergebnisses. Meist Kompromiss zwischen Befragungsumfang und Zumutbarkeit für Probanden. Viele Methoden verwenden ein sehr einfaches Verfahren zur Darstellung der neuen Massnahme. Damit sind dann oft nur noch qualitative Aussagen möglich, aber keine Hochrechnungen.
Implementierungskosten Befragungen müssen meist jedes Mal neu konzipiert werden, da sehr detailliert auf die spezifische Situation eingegangen werden muss, um gute Ergebnisse zu erzielen. Der zusätzliche Aufwand für die Erstellung eines elektronischen Fragebogens wird bei der Erfassung der Ergebnisdaten wieder eingespart. Die Entscheidung für eines der beiden Verfahren setzt Erfahrung voraus. Kosten zwischen 3 und 6 PM für die Konzeption, Durchführung und Auswertung der Befragung. Hinzu kommt die Erstellung einer plausiblen und vorstellbaren Situation mit Massnahme. Je nach Verfahren zwischen zusätzlichen 2 bis 4 PM. Zusätzlich Screening und Erhebungskosten von 50 bis 200 SFr pro angeworbenem Probanden.	
Einsatz bez. VSM Die Methode ist prinzipiell bei jeder VSM-Massnahme einsetzbar. Schwerpunkt liegt sicher aber auf komplexeren Verhaltensänderungen, die sich sonst nicht erfassen lassen.	
Fazit Aufwändige und anspruchsvolle Erhebungsmethode. Kann gute Ergebnisse zur Weiterverarbeitung erzielen. Ist nur einsetzbar, wenn Massnahme sinnvoll und plausibel dargestellt werden kann.	

Befragungsmodelle (vgl. Anh. 8)	
Name: Revealed Preferences	
Hintergrund Direkte Nutzenmessung durch Befragung	
Aufbau Es gibt keine einheitlichen Programme und Verfahren. Diese sind von der Aufgabenstellung und der Art der verfügbaren Massnahme sowie des Stichprobenumfangs und der Schichtung abhängig. In aller Regel aber Fragebögen auf Papier- oder elektronischer Basis.	
Verknüpfung mit Teilmodellen / anderen Modellen Eine Verknüpfung kann nach Befragung und Auswertung erfolgen. Beispielsweise indem die Ergebnisse in Hochrechnungsmodellen eingesetzt werden, um Mengenhochrechnungen und/oder Flächenhochrechnungen zu ermöglichen.	
Notwendige Datengrundlagen Wesentliche Voraussetzung ist die Verfügbarkeit der zu betrachtenden Massnahme und sei es auch nur als Demonstrator. Hilfreich ist auch eine Vorherbefragung, in der der Zustand vor Einführung der Massnahme erhoben wird und der dann mit der Befragung verglichen werden kann. Zielgruppe und damit Grundgesamtheit der zu Befragenden muss feststehen. Problematisch sind die häufig ungenügende Variation der Variablen sowie die starke Korrelation zwischen den Variablen.	
Einsatzbereiche Kann überall dort eingesetzt werden, wo Massnahmen durch Verkehrsteilnehmer erfahren werden können oder konnten.	
Entwicklungsstand Befragungen zu Revealed Preferences können inzwischen auf einige Jahre Erfahrungsgeschichte zurückblicken. Daher sind Verfahren bekannt, die qualitativ und quantitativ gute Ergebnisse erzielen.	
Stärken Wirkungen können direkt beobachtet werden. Damit sind qualitativ sehr hochwertige Ergebnisse erzielbar. Prinzipiell auf jede Massnahme anwendbar.	Schwächen Aufgrund des aufwändigen Verfahrens nur sehr eingeschränkte Stichproben möglich; Fehler bei der Befragung sehr leicht möglich, damit Gefährdung des Gesamtergebnisses. Meist Kompromiss zwischen Befragungsumfang und Zumutbarkeit für Probanden; statistische Probleme können durch nicht korrigierbare Korrelationen zwischen den Variablen entstehen.
Implementierungskosten Befragungen müssen meist jedes Mal neu konzipiert werden, da sehr detailliert auf die spezifische Situation eingegangen werden muss, um gute Ergebnisse zu erzielen. Der zusätzliche Aufwand für die Erstellung eines elektronischen Fragebogens wird bei der Erfassung der Ergebnisdaten wieder eingespart. Die Entscheidung für eines der beiden Verfahren setzt Erfahrung voraus. Kosten zwischen 3 und 6 PM für die Konzeption, Durchführung und Auswertung der Befragung. Zusätzlich Screening und Erhebungskosten von 50 bis 200 SFr pro angeworbenem Probanden.	
Einsatz bez. VSM Die Methode ist prinzipiell bei jeder VSM-Massnahme einsetzbar. Schwerpunkt liegt sicher aber auf komplexeren Verhaltensänderungen, die sich sonst nicht erfassen lassen.	
Fazit Aufwändige und anspruchsvolle Erhebungsmethode. Kann sehr gute Ergebnisse zur Weiterverarbeitung erzielen. Ist nur einsetzbar, wenn Massnahme umgesetzt.	

8.6 Zusammenfassende Beurteilung und Übersicht

Die im Kap. 8.5 dargestellten Stärken und Schwächen sind in den Tabellen 7 bis 9 nochmals zusammengefasst und zeigen im Quervergleich mit Bezugnahme auf die einzelnen VSM-Gruppen übersichtlich die Stärken und Schwächen der verschiedenen Modellansätze:

Tab. 7: Eignung der Instrumente bez. massgebender Wirkungsparameter (1)

	Klassische Umlegungsmodelle	Polumsky/ SA-TURN/ DRUM	DYNEMO	Zelluläre Automaten
Verkehrslenkung/ Leitung/ -Steuerung				
Routen- / Zielwahl	nur grobes Bild, Planungscharakter, keine Zielwahl	befriedigende Abbildung Routenwahl, keine Zielwahl	befriedigende Abbildung Routenwahl, keine Zielwahl	befriedigende Abbildung Routenwahl, keine Zielwahl
Verkehrsmittelwahl	keine Verkehrsmittelwahl	keine Verkehrsmittelwahl	keine Verkehrsmittelwahl	keine Verkehrsmittelwahl
dynamisches Belastungsbild/Stauvermeidung	nicht geeignet	befriedigende Qualität	befriedigende Qualität	gute Qualität
Fahrweise	nicht geeignet	nicht geeignet	nicht geeignet	nur grob geeignet
Beeinflussung Parksuchverkehr				
Routen- / Zielwahl	nur grobes Bild, Planungscharakter, keine Zielwahl	befriedigende Abbildung Routenwahl, keine Zielwahl	befriedigende Abbildung Routenwahl, keine Zielwahl	befriedigende Abbildung Routenwahl, keine Zielwahl
Verbesserung Verkehrsfluss / Staulängenreduktion	grober Planungswert	befriedigende Qualität	befriedigende Qualität	gute Qualität
Verkehrsmittelwahl	keine Verkehrsmittelwahl	keine Verkehrsmittelwahl	keine Verkehrsmittelwahl	keine Verkehrsmittelwahl
Parkraumbewirtschaftung				
Routen- / Zielwahl	nur grobes Bild, Planungscharakter, keine Zielwahl	befriedigende Abbildung Routenwahl, keine Zielwahl	befriedigende Abbildung Routenwahl, keine Zielwahl	befriedigende Abbildung Routenwahl, keine Zielwahl
Verkehrsmittelwahl	keine Verkehrsmittelwahl	keine Verkehrsmittelwahl	keine Verkehrsmittelwahl	keine Verkehrsmittelwahl
Nachfragebeeinflussung	keine Nachfrageberechnung	keine Nachfrageberechnung	keine Nachfrageberechnung	keine Nachfrageberechnung

	Klassische Umlegungsmodelle	Polumsky/ SATURN/ DRUM	DYNEMO	Zelluläre Automaten
Management OeV				
Routen- / Zielwahl	nur grobes Bild, Planungscharakter, keine Zielwahl	für MIV angelegt	für MIV angelegt	für MIV angelegt
Verkehrsmittelwahl	keine Verkehrsmittelwahl	keine Verkehrsmittelwahl	keine Verkehrsmittelwahl	keine Verkehrsmittelwahl
Auslastung	grober Planungswert	befriedigende Qualität	befriedigende Qualität	gute Qualität
Nachfragebeeinflussung	keine Nachfrageberechnung	keine Nachfrageberechnung	keine Nachfrageberechnung	keine Nachfrageberechnung
Überwachung (des Verkehrsflusses im Normal- und Störfall)				
Routen- / Zielwahl	nur grobes Bild, Planungscharakter, keine Zielwahl	befriedigend geeignet	befriedigend geeignet	befriedigend geeignet
Verkehrsmittelwahl	keine Verkehrsmittelwahl	keine Verkehrsmittelwahl	keine Verkehrsmittelwahl	keine Verkehrsmittelwahl
Fracht- und Flottenmanagement				
Routen- / Zielwahl	nur grobes Bild, Planungscharakter, keine Zielwahl	befriedigende Abbildung Routenwahl, keine Zielwahl	befriedigende Abbildung Routenwahl, keine Zielwahl	befriedigende Abbildung Routenwahl, keine Zielwahl
Verkehrsmittelwahl	keine Verkehrsmittelwahl	keine Verkehrsmittelwahl	keine Verkehrsmittelwahl	keine Verkehrsmittelwahl
Zuverlässigkeit Reisezeit	siehe Routenwahl	befriedigend geeignet	befriedigend geeignet	befriedigend geeignet (ohne Störungen gute Qualität)
Reiseinformation				
Routen- / Zielwahl	nur grobes Bild, Planungscharakter, keine Zielwahl	befriedigende Abbildung Routenwahl, keine Zielwahl	befriedigende Abbildung Routenwahl, keine Zielwahl	befriedigende Abbildung Routenwahl, keine Zielwahl
Verkehrsmittelwahl	keine Verkehrsmittelwahl	keine Verkehrsmittelwahl	keine Verkehrsmittelwahl	keine Verkehrsmittelwahl
Nachfragebeeinflussung	keine Nachfrageberechnung	keine Nachfrageberechnung	keine Nachfrageberechnung	keine Nachfrageberechnung

	Klassische Umlegungsmodelle	Polumsky/ SA-TURN/ DRUM	DYNEMO	Zelluläre Automaten
Fahrzeugführerinformation (z.B. On-Board-Navigationsgerät)				
Routen- / Zielwahl	nur grobes Bild, Planungscharakter, keine Zielwahl	befriedigende Abbildung Routenwahl, keine Zielwahl	befriedigende Abbildung Routenwahl, keine Zielwahl	befriedigende Abbildung Routenwahl, keine Zielwahl
Verkehrsmittelwahl	keine Verkehrsmittelwahl	keine Verkehrsmittelwahl	keine Verkehrsmittelwahl	keine Verkehrsmittelwahl
Fahrweise	nicht geeignet	nicht geeignet	nicht geeignet	bedingt geeignet
Fahrgastinformation				
Verkehrsmittelwahl	nicht geeignet	nicht geeignet	nicht geeignet	nicht geeignet
Ticketing im OeV				
Verkehrsmittelwahl	keine Verkehrsmittelwahl	keine Verkehrsmittelwahl	keine Verkehrsmittelwahl	keine Verkehrsmittelwahl
Strassengebühren				
Routen- / Zielwahl	nur grobes Bild, Planungscharakter, keine Zielwahl	befriedigende Abbildung Routenwahl, keine Zielwahl	befriedigende Abbildung Routenwahl, keine Zielwahl	befriedigende Abbildung Routenwahl, keine Zielwahl
Verkehrsmittelwahl	keine Verkehrsmittelwahl	keine Verkehrsmittelwahl	keine Verkehrsmittelwahl	keine Verkehrsmittelwahl
Nachfragebeeinflussung	keine Nachfrageberechnung	keine Nachfrageberechnung	keine Nachfrageberechnung	keine Nachfrageberechnung
Parkgebühren				
Routen- / Zielwahl	nicht geeignet	befriedigende Abbildung Routenwahl, keine Zielwahl	befriedigende Abbildung Routenwahl, keine Zielwahl	befriedigende Abbildung Routenwahl, keine Zielwahl
Verkehrsmittelwahl	keine Verkehrsmittelwahl	keine Verkehrsmittelwahl	keine Verkehrsmittelwahl	keine Verkehrsmittelwahl
Nachfragebeeinflussung	keine Nachfrageberechnung	keine Nachfrageberechnung	keine Nachfrageberechnung	keine Nachfrageberechnung
Fz-Führerunterstützung				
Routen- / Zielwahl	nicht geeignet	befriedigende Abbildung Routenwahl, keine Zielwahl	befriedigende Abbildung Routenwahl, keine Zielwahl	befriedigende Abbildung Routenwahl, keine Zielwahl
Verkehrsmittelwahl	keine Verkehrsmittelwahl	keine Verkehrsmittelwahl	keine Verkehrsmittelwahl	keine Verkehrsmittelwahl
Fahrweise	nicht geeignet	nicht geeignet	nicht geeignet	bedingt geeignet

	Klassische Umlegungsmodelle	Polumsky/ SA-TURN/ DRUM	DYNEMO	Zelluläre Automaten
Sicherheit der Reisenden				
Verkehrsmittelwahl	nicht geeignet	nicht geeignet	nicht geeignet	nicht geeignet
Notfalldienstmanagement				
Verkehrsmittelwahl	nicht geeignet	keine Verkehrsmittelwahl	keine Verkehrsmittelwahl	keine Verkehrsmittelwahl
Reservationssysteme				
Verkehrsmittelwahl	nicht geeignet	keine Verkehrsmittelwahl	keine Verkehrsmittelwahl	keine Verkehrsmittelwahl

Tab. 8: Eignung der Instrumente bez. massgebender Wirkungsparameter (2)

	Mikro-Verkehrsfluss-Modelle	Teilungs-/Vier-Schritte-Modelle	Disaggregierte Nachfragemodelle	Mikronachfrage-modelle
Verkehrslenkung/ Leitung/ -Steuerung				
Routen- / Zielwahl	befriedigende Abbildung Routenwahl, keine Zielwahl	wie klassische Umlegungsmodelle	Zielwahl befriedigend	Zielwahl befriedigend
Verkehrsmittelwahl	keine Verkehrsmittelwahl	befriedigende bis gute Qualität erreichbar	befriedigende bis gute Qualität erreichbar	gute Qualität erzielbar
dynamisches Belastungsbild/ Stauvermeidung	gute bis sehr gute Qualität	nicht geeignet	kein Netzmodell	kein Netzmodell
Fahrweise	gut geeignet	nicht geeignet	nicht geeignet	nicht geeignet
Beeinflussung Parksuchverkehr				
Routen- / Zielwahl	befriedigende Abbildung Routenwahl, keine Zielwahl	wie klassische Umlegungsmodelle	Zielwahl befriedigend	Zielwahl befriedigend
Verbesserung Verkehrsfluss / Staulängenreduktion	gute bis sehr gute Qualität	grober Planungswert	kein Netzmodell	kein Netzmodell
Verkehrsmittelwahl	keine Verkehrsmittelwahl	befriedigende bis gute Qualität erreichbar	befriedigende bis gute Qualität erreichbar	gute Qualität erzielbar

	Mikro-Verkehrsfluss-Modelle	Teilungs-/Vier-Schritte-Modelle	Disaggregierte Nachfragemodelle	Mikronachfrage-modelle
Parkraumbewirtschaftung				
Routen- / Zielwahl	befriedigende Abbildung Routenwahl, keine Zielwahl	wie klassische Umlegungsmodelle	Zielwahl befriedigend	Zielwahl befriedigend
Verkehrsmittelwahl	keine Verkehrsmittelwahl	befriedigende bis gute Qualität erreichbar	befriedigende bis gute Qualität erreichbar	gute Qualität erzielbar
Nachfragebeeinflussung	keine Nachfrageberechnung	grober Planungswert	grober Planungscharakter	befriedigende Qualität erzielbar
Management OeV				
Routen- / Zielwahl	für MIV angelegt	grober Planungswert für Zielwahl	Zielwahl befriedigend	Zielwahl befriedigend
Verkehrsmittelwahl	keine Verkehrsmittelwahl	befriedigende bis gute Qualität erreichbar	befriedigende bis gute Qualität erreichbar	gute Qualität erzielbar
Auslastung	gute Qualität	bedingt geeignet	kein Netzmodell	kein Netzmodell
Nachfragebeeinflussung	keine Nachfrageberechnung	grober Planungswert	grober Planungscharakter	befriedigende Qualität erzielbar
Überwachung (des Verkehrsflusses im Normal- und Störfall)				
Routen- / Zielwahl	befriedigend geeignet	nicht geeignet	Zielwahl befriedigend	Zielwahl befriedigend
Verkehrsmittelwahl	keine Verkehrsmittelwahl	befriedigende bis gute Qualität erreichbar	befriedigende bis gute Qualität erreichbar	gute Qualität erzielbar
Fracht- und Flottenmanagement				
Routen- / Zielwahl	befriedigende Abbildung Routenwahl, keine Zielwahl	weniger geeignet	nicht geeignet	nicht geeignet
Verkehrsmittelwahl	keine Verkehrsmittelwahl	weniger geeignet	weniger geeignet	weniger geeignet
Zuverlässigkeit Reisezeit	befriedigend geeignet (ohne Störungen gut bis sehr gut)	grober Planungswert	kein Netzmodell	kein Netzmodell

	Mikro-Verkehrsfluss-Modelle	Teilungs-/Vier-Schritte-Modelle	Disaggregierte Nachfragemodelle	Mikronachfrage-modelle
Reiseinformation				
Routen- / Zielwahl	befriedigende Abbildung Routenwahl, keine Zielwahl	befriedigende Qualität	Zielwahl befriedigend	Zielwahl befriedigend
Verkehrsmittelwahl	keine Verkehrsmittelwahl	weniger geeignet	weniger geeignet	bedingt geeignet
Nachfragebeeinflussung	keine Nachfrageberechnung	weniger geeignet	weniger geeignet	bedingt geeignet
Fahrzeugführerinformation (z.B. On-Board-Navigationsgerät)				
Routen- / Zielwahl	befriedigende Abbildung Routenwahl, keine Zielwahl	weniger geeignet	weniger geeignet	weniger geeignet
Verkehrsmittelwahl	keine Verkehrsmittelwahl	weniger geeignet	weniger geeignet	weniger geeignet
Fahrweise	gut geeignet	nicht geeignet	kein Netzmodell	kein Netzmodell
Fahrgastinformation				
Verkehrsmittelwahl	nicht geeignet	nicht geeignet	siehe oben	gute Qualität erzielbar
Ticketing im OeV				
Verkehrsmittelwahl	keine Verkehrsmittelwahl	grober Planungswert	grober Planungswert	bedingt geeignet
Strassengebühren				
Routen- / Zielwahl	befriedigende Abbildung Routenwahl, keine Zielwahl	weniger geeignet	weniger geeignet	weniger geeignet
Verkehrsmittelwahl	keine Verkehrsmittelwahl	weniger geeignet	weniger geeignet	bedingt geeignet
Nachfragebeeinflussung	keine Nachfrageberechnung	weniger geeignet	weniger geeignet	bedingt geeignet
Parkgebühren				
Routen- / Zielwahl	befriedigende Abbildung Routenwahl, keine Zielwahl	bedingt geeignet	Zielwahl befriedigend	Zielwahl befriedigend
Verkehrsmittelwahl	keine Verkehrsmittelwahl	bedingt geeignet, grober Planungswert	bedingt geeignet, grober Planungswert	befriedigende Qualität
Nachfragebeeinflussung	keine Nachfrageberechnung	bedingt geeignet, grober Planungswert	bedingt geeignet, grober Planungswert	befriedigende Qualität

	Mikro-Verkehrsfluss-Modelle	Teilungs-/Vier-Schritte-Modelle	Disaggregierte Nachfragemodelle	Mikronachfrage-modelle
Fahrzeugführerunterstützung				
Routen- / Zielwahl	befriedigende Abbildung Routenwahl, keine Zielwahl	weniger geeignet	Zielwahl befriedigend	Zielwahl befriedigend
Verkehrsmittelwahl	keine Verkehrsmittelwahl	weniger geeignet	weniger geeignet	bedingt geeignet
Fahrweise	gut geeignet	nicht geeignet	nicht geeignet	nicht geeignet
Sicherheit der Reisenden				
Verkehrsmittelwahl	nicht geeignet	nur grober Planungswert	nur grober Planungswert	bedingt geeignet
Notfalldienstmanagement				
Verkehrsmittelwahl	keine Verkehrsmittelwahl	weniger geeignet	weniger geeignet	bedingt geeignet
Reservationssysteme				
Verkehrsmittelwahl	keine Verkehrsmittelwahl	weniger geeignet	weniger geeignet	bedingt geeignet

Tab. 9: Eignung der Instrumente bez. massgebender Wirkungsparameter (3)

	Mikronachfragemodelle mit Var.	Stated Preferences	Revealed Preferences
Verkehrslenkung / Leitung / -Steuerung			
Routen- / Zielwahl	Zielwahl befriedigend bis gut	befriedigende bis gute Ergebnisse erzielbar, abhängig von Stichprobenauswahl, Qualität und Realitätsnähe der Situationsdarstellung und der erforderlichen Entscheidungen	gute bis sehr gute Ergebnisse erzielbar, abhängig vom Massnahmenbezug, Realitätsnähe der Umsetzung und Übertragbarkeit
Verkehrsmittelwahl	gute Qualität erzielbar		
dynamisches Belastungsbild/Stauvermeidung	kein Netzmodell		
Fahrweise	nicht geeignet		
Beeinflussung Parksuchverkehr			
Routen- / Zielwahl	Zielwahl befriedigend bis gut	befriedigende bis gute Ergebnisse erzielbar... (dito oben)	gute bis sehr gute Ergebnisse erzielbar... (dito oben)
Verbesserung Verkehrsfluss / Staulängenredukt.	kein Netzmodell		
Verkehrsmittelwahl	gute Qualität erzielbar		

	Mikronachfragemodelle mit Var.	Stated Preferences	Revealed Preferences
Parkraumbewirtschaftung			
Routen- / Zielwahl	Zielwahl befriedigend bis gut	befriedigende bis gute Ergebnisse erzielbar... (dito oben)	gute bis sehr gute Ergebnisse erzielbar... (dito oben)
Verkehrsmittelwahl	gute Qualität erzielbar		
Nachfragebeeinflussung	gute Qualität erzielbar		
Management OeV			
Routen- / Zielwahl	Zielwahl befriedigend bis gut	befriedigende bis gute Ergebnisse erzielbar... (dito oben)	gute bis sehr gute Ergebnisse erzielbar... (dito oben)
Verkehrsmittelwahl	gute Qualität erzielbar		
Auslastung	kein Netzmodell		
Nachfragebeeinflussung	gute Qualität erzielbar		
Überwachung (des Verkehrsflusses im Normal- und Störfall)			
Routen- / Zielwahl	Zielwahl befriedigend bis gut	befriedigende bis gute Ergebnisse erzielbar... (dito oben)	gute bis sehr gute Ergebnisse erzielbar... (dito oben)
Verkehrsmittelwahl	gute Qualität erzielbar		
Fracht- und Flottenmanagement			
Routen- / Zielwahl	nicht geeignet	befriedigende bis gute Ergebnisse erzielbar... (dito oben)	gute bis sehr gute Ergebnisse erzielbar... (dito oben)
Verkehrsmittelwahl	weniger geeignet		
Zuverlässigkeit Reisezeit	kein Netzmodell		
Reiseinformation			
Routen- / Zielwahl	Zielwahl befriedigend bis gut	befriedigende bis gute Ergebnisse erzielbar... (dito oben)	gute bis sehr gute Ergebnisse erzielbar... (dito oben)
Verkehrsmittelwahl	gut geeignet		
Nachfragebeeinflussung	gut geeignet		
Fahrzeugführerinformation (z.B. On-Board-Navigationsgerät)			
Routen- / Zielwahl	weniger geeignet	befriedigende bis gute Ergebnisse erzielbar... (dito oben)	gute bis sehr gute Ergebnisse erzielbar... (dito oben)
Verkehrsmittelwahl	gut geeignet		
Fahrweise	kein Netzmodell		
Fahrgastinformation			
Verkehrsmittelwahl	gute Qualität erzielbar	Befriedigende bis gute Ergebnisse erzielbar... (dito oben)	gute bis sehr gute Ergebnisse erzielbar ... (dito)
Ticketing im OeV			

Verkehrsmittelwahl	gut geeignet	befriedigende bis gute Ergebnisse erzielbar... (dito oben)	gute bis sehr gute Ergebnisse erzielbar ... (dito)
	Mikronachfragemodelle mit Var.	Stated Preferences	Revealed Preferences
Strassengebühren			
Routen- / Zielwahl	Für Zielwahl geeignet	befriedigende bis gute Ergebnisse erzielbar... (dito oben)	gute bis sehr gute Ergebnisse erzielbar... (dito oben)
Verkehrsmittelwahl	gut geeignet		
Nachfragebeeinflussung	gut geeignet		
Parkgebühren			
Routen- / Zielwahl	Für Zielwahl geeignet	befriedigende bis gute Ergebnisse erzielbar... (dito oben)	gute bis sehr gute Ergebnisse erzielbar... (dito oben)
Verkehrsmittelwahl	gute Qualität		
Nachfragebeeinflussung	gute Qualität		
Fahrzeugführerunterstützung			
Routen- / Zielwahl	Für Zielwahl geeignet	befriedigende bis gute Ergebnisse erzielbar... (dito oben)	gute bis sehr gute Ergebnisse erzielbar... (dito oben)
Verkehrsmittelwahl	gut geeignet		
Fahrweise	nicht geeignet		
Sicherheit der Reisenden			
Verkehrsmittelwahl	befriedigend geeignet	befriedigende bis gute Ergebnisse erzielbar... (dito oben)	gute bis sehr gute Ergebnisse erzielbar ... (dito)
Notfalldienstmanagement			
Verkehrsmittelwahl	befriedigend geeignet	befriedigende bis gute Ergebnisse erzielbar... (dito oben)	gute bis sehr gute Ergebnisse erzielbar ... (dito)
Reservationssysteme			
Verkehrsmittelwahl	befriedigend geeignet	befriedigende bis gute Ergebnisse erzielbar... (dito oben)	gute bis sehr gute Ergebnisse erzielbar ... (dito)

Während kurzfristig bereits Verbesserungen im Bereich zeitabhängiger kapazitätsorientierter Umlegungsmodelle und mikroskopischer Nachfragemodelle möglich sind, liegt die Zukunft wohl vor allem bei einer stärkeren Integration von Nachfrage- und Netzmodellen.

Entscheidend für die Qualität dieser Modellpakete wird sein, welche Qualität die Grundlegedaten aufweisen, die das spezifische Verhalten der Verkehrsteilnehmer auf VSM-Massnahmen spiegeln. Hier werden noch grössere Anstrengungen nötig sein.

9. Vorschlag „Planungsinstrument VSM“

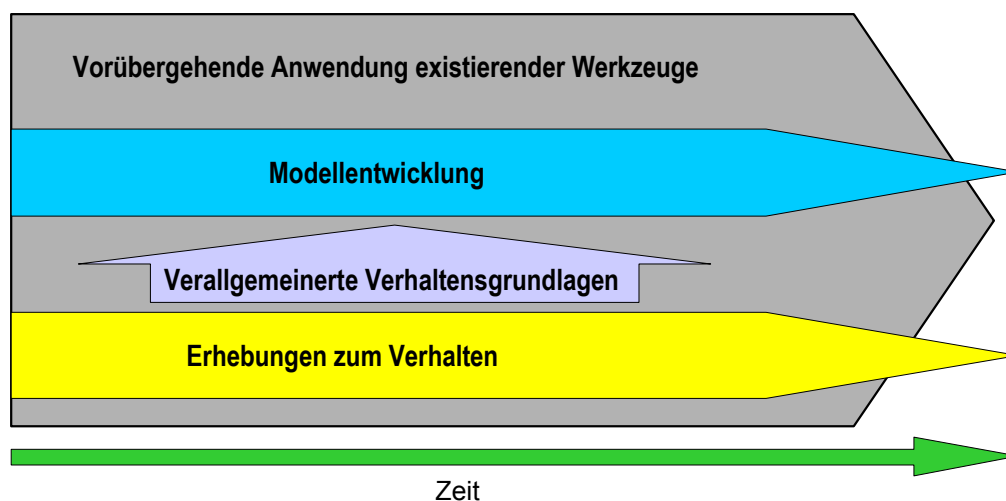
9.1 Begründung des Vorschlags

Es wird bei der Betrachtung der Matrix im Anhang 9 deutlich, dass insbesondere mikroskopische Modelle gut abschneiden, wenn es um die Beurteilung von VSM-Massnahmen geht. Dies liegt in der Natur des Personenverhaltens, das gerade bei vielen VSM-Massnahmen nicht kollektiv abgeschätzt werden kann.

Die Simulation der Streuung und die Veränderung von Ergebnisverteilungen erlauben Rückschlüsse zum gewünschten Verhalten. Ebenso wird durch die Tabelle in Kap. 8.6 deutlich, dass sich Befragungsmethoden grundsätzlich ebenfalls gut eignen. Hier müssen aber Verbesserungen bei der Darstellung der Situationen erreicht werden. Gerade im technischen fakultativen Bereich, der durch viele VSM-Massnahmen angesprochen wird, übersteigen einfache Fragen das Vorstellungsvermögen vieler Personen.

Grundsätzlich liegt ein Kernproblem von VSM-Massnahmen in der oftmals anfänglich geringen Wirkung und an der voraussichtlich langen Dauer, bis sich Vorteile von Massnahmen zeigen.

Es lässt sich zusammenfassen, dass bis heute ausser speziellen Erhebungen (z.B. Stated Response) keine hinreichenden Instrumente zur Abschätzung von VSM-Wirkungen existieren. Erhebungen können sich aber nur auf einzelne Ausschnitte der meist komplexen VSM-Massnahmen konzentrieren, so dass letztlich doch vollständigere Werkzeuge zur Abschätzung erwünscht sind. Die dafür notwendigen Verhaltensgrundlagen müssen aber erst nach und nach erarbeitet werden. Es wird daher eine zweigeteilte Vorgehensweise empfohlen:



Während kurzfristig die Verwendung existierender Modelle noch im Vordergrund steht, sollten jedoch bei ihrem Einsatz zur groben Abschätzung von VSM-Massnahmen gewisse Einschränkungen gelten. Zusätzlich ist heute bereits gezielt der Einsatz von Erhebungen mit Stated Response - Verfahren möglich. Ohne solche gezielten Erhebungen ist eine genaue Voraussage

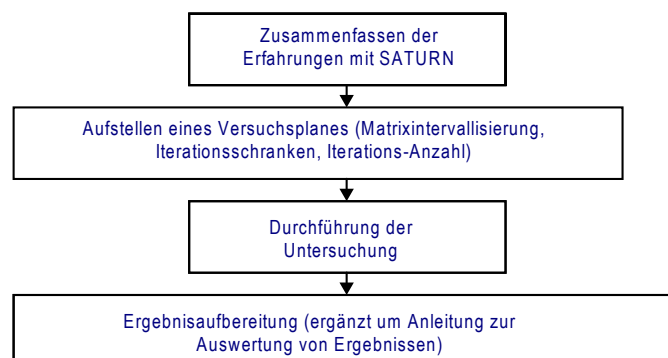
der Wirkungen von VSM-Massnahmen nicht möglich. Die Entwicklung von Werkzeugen setzt einen Erkenntnisgewinn bezüglich stabiler Verhaltensweisen voraus, ähnlich wie dies bei der Entwicklung klassischer Nachfragemodelle durch die Einführung verhaltenshomogener Gruppen der Fall war. Daher sollten Erhebungen grundsätzlich so angelegt werden, dass sie gleichzeitig zur Weiterentwicklung von Werkzeugen dienen können.

Daraus können die folgenden Empfehlungsvorschläge für Weiterentwicklungen für ein „Planungsinstrument VSM“ abgeleitet werden. Dabei muss zwischen kurzfristig Erreichbarem und erst längerfristig Machbarem unterschieden werden:

(1) Kurzfristig erreichbare Verbesserungen

- a) Bei der Nutzung vorhandener Modelle und Werkzeuge kann der Einsatz zeitabhängiger Umlegungsmodelle mit Kapazitätsengpassberücksichtigung bei reinen Verkehrslenkungsmassnahmen deutliche Verbesserungen der Ergebnisqualität bringen⁹. Hier liegen aber noch zuwenig Erfahrungswerte hinsichtlich der qualitativ besten Iterationsstrategie zur Kalibration der Routenwahl vor.
- b) Mikroskopische Nachfragemodelle können heute verhältnismässig einfach mit Statistikpaketen und vorhandenen Makrosprachen realisiert werden¹⁰. Als Eingangsdaten eignen sich Mobilitätshebungen aus dem Untersuchungsgebiet, die auf die Gesamtbevölkerung hochgerechnet werden müssen. Mittels Makrosprachen lässt sich personen- oder personengruppenabhängiges Verhalten beschreiben. So kann nichtlineares Übergangsverhalten (z.B. bei der Verkehrsmittelwahl) konsistenter beschrieben werden als mit klassischen

⁹ Hier kommen vor allem am Markt verfügbare Programmpakete in Frage, wozu z.B. das SATURN-Programmpaket und das weiterentwickelte VISUM ab Version 9 zählt. Zur qualitativ hochwertigen Kalibration zählen vor allem Erhebungsdaten über Routen und zeitlich fein aufgelöste Messdaten. Es existieren bislang noch keine allgemeingültigen Verfahren zur Kalibration mit zeitdynamischen Umlegungen. Daher sollten Untersuchungen an einem realen Untersuchungsgebiet durchgeführt werden. Hilfestellung können die vorhandenen Erfahrungen mit dem SATURN-Programmpaket leisten:



¹⁰ Vergleiche Prinzipbeschreibung und -darstellung am Schluss dieses Kapitels

mengenorientierten Modellen (klassische Vier-Schritte-Modelle und disaggregierte Personengruppenmodelle).

- c) Mikroskopische Ablaufmodelle können, sofern sie über Programmierschnittstellen verfügen, mit einem Handlungsmodell erweitert werden. Hier können ebenfalls mikroskopisch vorliegende Entscheidungssituationen (beispielsweise aus Stated Response - Befragungen¹¹) in Entscheidungsalgorithmen umgesetzt werden, um beispielsweise Reaktionen auf Verkehrsinformationen differenzierter abzubilden.
- d) Befragungen müssen stärker auf die Problemstellung abgestimmt werden. Bislang sind die herkömmlichen Befragungen, die nach einem Stated Response-Verfahren im Zusammenhang mit fakultativen (also gesetzlich nicht bindenden) VSM-Massnahmen durchgeführt wurden, den Beweis schuldig geblieben, dass die Befragungen ein modellseitig verwendbares Ergebnis produzieren. Dies liegt vor allem an der unzureichenden Einbindung der Befragungsform in eine praktisch vorstellbare Nutzung durch die befragten Personen, so dass hier meist zuwenig oder auch im Gegenteil zuviel Nutzungsantrieb und Vorstellungsvermögen entwickelt wird. Hier können interaktive Situationsdarstellungen in Form von Planspielen, wie sie beispielsweise im Bereich des Operation Research (OR) genutzt werden, vor allem bessere quantitative Ergebnisse produzieren. Hauptaufgabe hierbei ist die Darstellung einer möglichst realistischen und nicht zu komplizierten Situation und die Erzeugung von Entscheidungssituationen, die einerseits genügend Spielinteresse, andererseits plausible Reaktionen hervorrufen.

(2) Längerfristige Verbesserungsvorschläge

- a) Erst eine stärkere Integration von Nachfrage- und Netzmodellen erlaubt die kausale Rückkopplung von Massnahmenwirkungen im Verkehrssystem oder auch in den Rahmenbedingungen auf das Nachfrageverhalten und damit wiederum auf das Verkehrssystem oder andere Zielgrössen.
- b) Die Datengrundlagen für Verhaltensreaktionen unter Wirkung von VSM-Massnahmen sind bislang nicht hinreichend, da die üblichen Erhebungsmethoden auf realisiertes Mobilitätsverhalten abzielen und nicht auf ein mögliches Änderungspotential. Dieses Defizit gilt es, zu reduzieren.

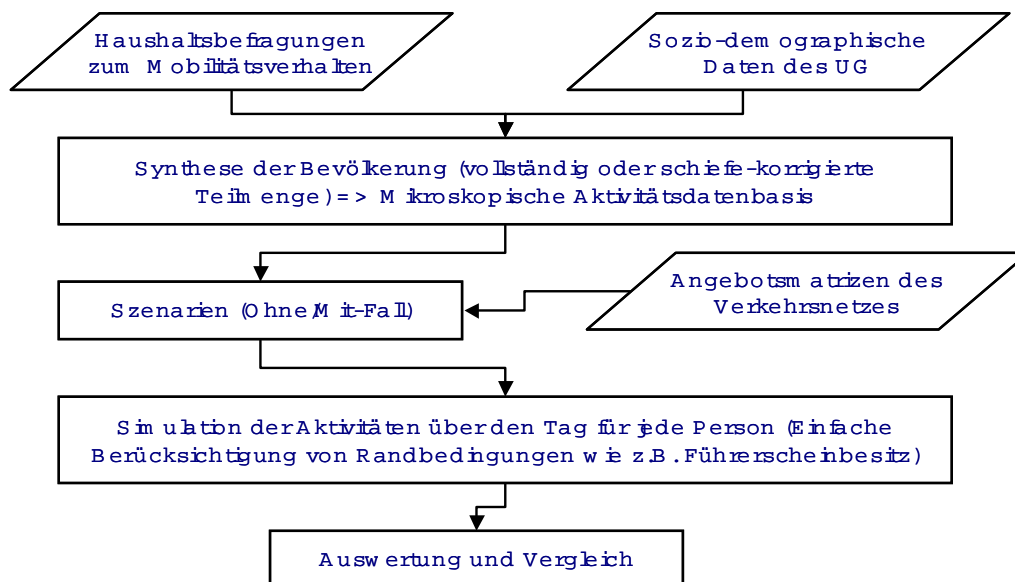
Prinzip für den Aufbau des unter 1b) / 2a) beschriebenen Nachfragemodells

Der Aufbau eines mikroskopischen Nachfragemodells kann mit leistungsfähigen Statistikpaketen wie SAS, SPSS oder ähnlichen realisiert werden. Dazu sind als Eingabedaten einerseits Haushaltsbefragungen und andererseits sozio-demographische Daten des Untersuchungsge-

¹¹ vgl. Anhang 8 zu den verschiedenen Stated Response – Verfahren (z.B. Stated Preference)

biets erforderlich. Der Ablauf besteht zunächst in der Synthese einer vollständigen oder schiefe-korrigierten Teilmenge (aber deutlich grösser als in der Erhebung) der Bevölkerung. Anschliessend können die eigentlichen Simulationsalgorithmen auf der Basis der synthetisierten Aktivitätsketten formuliert werden. Damit lassen sich konsistente und einfacher überprüfbare Modelle der Verhaltensreaktion erstellen, als dies mit mengenorientierten Nachfragemodellen der Fall ist. Hier bietet sich auch eine direkte Umsetzung von Erhebungsdaten wie sie durch stated response –Verfahren geliefert werden an: In vielen Fällen sind die Antworten der befragten Probanden konditional („... wenn dies in dieser Form und in der Art angeboten werden würde, dann würde ich folgendermassen handeln...“). Diese Bedingungen lassen sich in einer mikroskopischen Simulation relativ einfach kontrollieren.

Abb. 10: Vorgeschlagener Aufbau eines mikroskopischen Nachfragemodells



Nachteil des oben beschriebenen Verfahrens ist die Stationarität¹² der Angebotsmatrizen sowie die Beschränkung auf kleinere Untersuchungsgebiete. Die Statistikpakete sind nicht für die Ablaufsimulation konstruiert worden und es muss daher mit einem hohen Ressourcen- und Zeitverbrauch gerechnet werden. In Bezug auf die Angebotsmatrizen bietet sich die bereits erwähnte vollständige Integration von Nachfragemodellen und Netzmodellen an. Auch hier kann aber mit den erwähnten Statistikpaketen nicht mehr weiter gearbeitet werden, da diese für eine Verkehrsablaufsimulation nicht geeignet sind.

Bei einer reinen Netzsimulation können Verhaltensmodelle an mikroskopische Simulationsmodelle des Verkehrsablaufs angekoppelt werden, sofern diese über Programmierschnittstellen

¹² Mit der Stationarität der Angebotsmatrizen ist die Invarianz beispielsweise der Reisezeiten gemeint. Da kein Verkehrsablaufmodell in dieser Variante existiert, schlagen sich Nachfrageveränderungen auch nicht auf die Reisezeiten der einzelnen Verkehrsmittel nieder.

wie beispielsweise das VISSIM-Programmpaket (COM-Schnittstelle) verfügen. Hier können eigene Reaktionsmodelle durch Zugriff auf den Zustand und die Eigenschaften des Fahrzeugs und mit angenommenen Verkehrsinformationen beispielsweise in Basic implementiert werden. Mit dieser Form lassen sich beispielsweise on-trip-Reaktionen von Verkehrsteilnehmern abbilden.

9.2 Beispiele

An folgenden VSM-Massnahmen soll beispielhaft ein mögliches Vorgehen bei der Evaluation der Wirkungen der jeweiligen Massnahme aufgezeigt werden:

- a) Verkehrslenkung (Informationen und Anzeigen zur Steuerung des Verkehrsflusses in einem Netzabschnitt)
- b) Fahrerassistenzsysteme
- c) Verkehrsinformation OeV (Fahrgastinformation)

9.2.1 Verkehrslenkung

Eine Verkehrslenkung besteht in der Regel aus Wechselwegweisern oder -textanzeigen, die Sperrungen, Staus oder alternative Routen anzeigen und in diesem Zusammenhang Belastungsverteilungen bewirken sollen. Hierzu werden neben Signalen auch ergänzende Texte eingesetzt. Die Verkehrslenkung ist neben dem Befolgungsgrad auch von der zugrundegelegten Verteilung der Netzbelastungen abhängig (d.h., wie gut wurden die entstehenden Reisezeiten, die bei einer vollständigen Befolgung entstehen würden, abgeschätzt). Ziel einer Anweisung oder Empfehlung muss es sein, eine möglichst hohe Zufriedenheit zu erzeugen, damit künftige Befolgungsgrade nicht deutlich absinken. Dadurch entsteht das grundsätzliche Modellierungsproblem, sich anpassende Befolgungsgrade mit einer iterativen oder szenarischen Berechnung koppeln zu müssen.

Grundsätzlich kann eine derartige Untersuchung gut mit reinen Netzmodellen durchgeführt werden. Es ist zwar eine längerfristige Beeinflussung oder Verhaltensänderung zu erwarten. Der Haupteffekt liegt jedoch in der entstehenden Belastungsverteilung im Netz und damit unmittelbar in den sich einstellenden Reisezeiten.

Um die sich einstellenden Effekte realistisch abschätzen zu können, sollten zwei der vorgeschlagenen Methoden kombiniert werden:

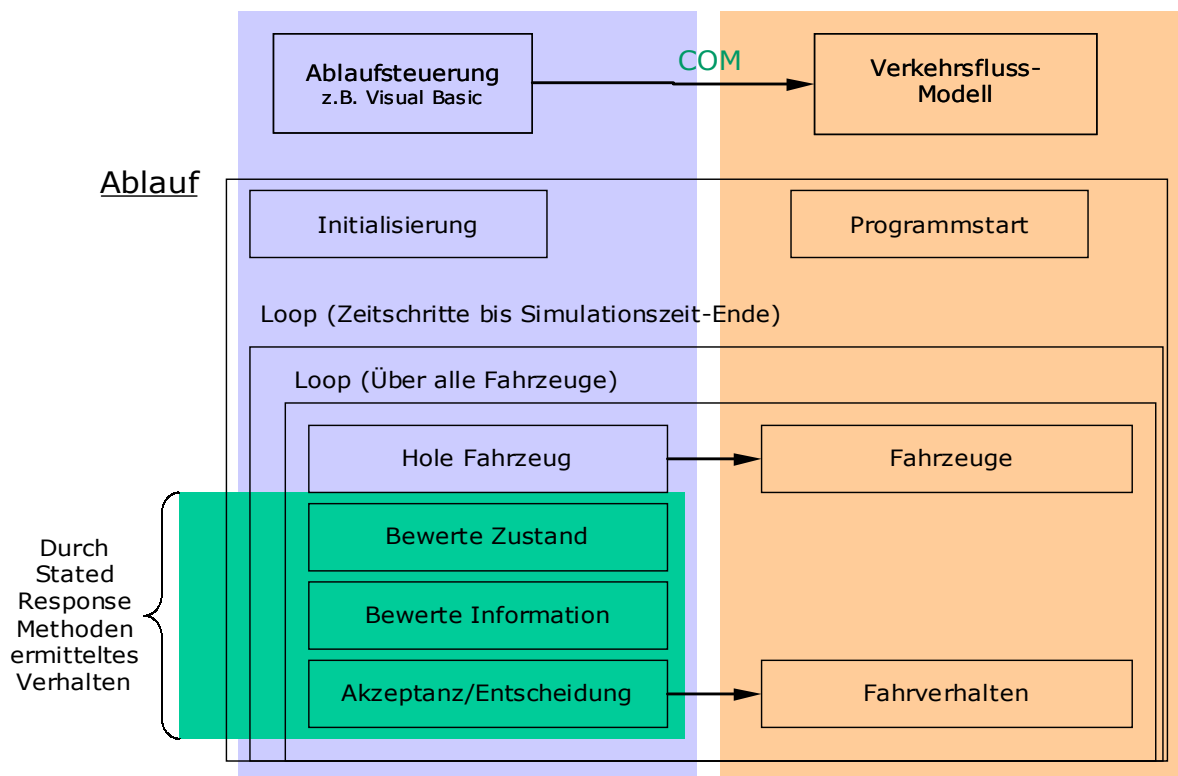
1. Einsatz eines mikroskopischen Verkehrssimulationsinstruments und
2. Erhebung und Einbindung von Verhaltensparametern mittels Stated Response Methoden

Mittels einer geeigneten Befragung können unterschiedliche Szenarien durchgespielt werden und entsprechende Handlungsmodelle aus den Ergebnissen abgeleitet werden. Diese Hand-

lungsmodelle können nun beispielsweise in Simulationsmodelle für den Verkehrsablauf entweder über Makros oder über schnittstellenfähige Simulationsprogramme (beispielsweise über COM-Kopplung) eingebaut werden oder auch in vereinfachter Form über kleinere selbstentwickelte Ablaufmodelle hochgerechnet werden. Die Vorteile kompletter Programmpakete ist einmal die geringere Entwicklungszeit (Ressourcen können für eine ausgedehntere Erhebung verwendet werden) und zum anderen die einfachere Abbildung der eigentlichen Verkehrslenkung.

Langfristige Verhaltensänderungen sind auf dieser Ebene nur schwer zu ermitteln, können aber grundsätzlich durch ausgefeiltere Stated Response Erhebungen (beispielsweise auf der Basis von dynamisch interaktiven Befragungswerkzeugen) tendenziell abgeschätzt werden.

Abb. 11: Beispiel einer möglichen externen Ablaufsteuerung mit dort realisiertem Entscheidungsverhalten basierend auf Stated Response Erhebungen



In Abb. 11 ist ein beispielhafter Ablauf einer Kopplung eines Verkehrsablaufmodells mit einer externen Steuerung dargestellt¹³. Die Kopplung ist im Beispiel über eine COM-Kopplung dargestellt; analog können auch andere Mechanismen zum Einsatz kommen, je nachdem, welche Schnittstelle das Programm nach aussen bietet. Auch die Realisierung der verwendeten Ab-

¹³ dies ist dann eine sinnvolle Lösung, wenn aufgrund lizenzrechtlicher Probleme nicht direkt auf den Quellcode des Verkehrsflusssimulationsprogramms zugegriffen werden kann

laufsteuerung in Visual Basic hängt letztlich von der angebotenen Zugriffsmöglichkeit ab. Das oben gezeigte Schema wurde beispielsweise zu Testzwecken im Forschungsprojekt OVID mit der Software VISSIM der Firma PTV realisiert.

Das Simulationsprogramm simuliert den Verkehrsablauf in Sekundenzeitschritten. Nach der Initialisierung werden die oben dargestellten Schleifen jedes Mal durchlaufen; pro Zeitschritt wird jedes Fahrzeug über die Schnittstelle in die Ablaufsteuerung geholt, dort wird sein Zustand (Position, Geschwindigkeit, bisherige und verbleibende Fahrdauer usw.) ermittelt, anschliessend werden Informationen durch Lenkungsmassnahmen ermittelt und dann folgt die eigentliche, auf Stated Response Erhebungen basierende Entscheidung, den Empfehlungen zu folgen oder nicht. Nicht dargestellt ist in der obigen Abbildung der Befehl zur Bewegung der Fahrzeuge für den nächsten Zeitschritt.

9.2.2 Fahrerassistenzsysteme

Fahrerassistenzsysteme sind in ähnlicher Weise zu untersuchen wie das Anwendungsbeispiel Verkehrlenkung. Auch hier sind die eigentlichen Effekte in erster Linie in den Netzerggebnissen zu suchen und erst längerfristig werden sich Verhaltensänderungen in geänderten Mobilitätsmustern niederschlagen. Mittelfristig sind auch Effekte in Bezug auf die Verkehrsmittelwahl zu erwarten.

Die eigentliche Wirkungsabschätzung kann in analoger Weise erfolgen, wie im Kap. 9.2.1 beschrieben. Auch hier sind zunächst mikroskopische Modelle zur Simulation des Verkehrsablaufs erste Wahl, da diese in diesem Umfeld bereits schon seit Jahren erfolgreich eingesetzt werden, wenn auch vorrangig, um die Verkehrssysteme selbst weiterzuentwickeln. Die eigentliche Wirkungsweise kann nun in mehreren Eingriffsebenen realisiert sein. Systeme im Fahrzeug, die auf eine Verbesserung der Sicherheit hinwirken, werden vollautomatisch in den Fahrvorgang eingreifen und können in aller Regel in ihrem Verhalten deterministisch beschrieben werden. So können grundsätzlich beispielsweise Regelsysteme zur Wahrung eines sicheren Abstands in ihrem Regelverhalten eindeutig beschrieben werden und sind damit auch keinerlei subjektiven Einschätzungen ausgesetzt. Lediglich das Verhalten bei Fehlern (Ausfall eines oder mehrerer Systeme) kann ein zusätzliches oder gesondertes Simulationsziel sein.

Fahrerassistenzsysteme, die eine Empfehlung aussprechen, müssen hingegen wieder im Kontext mit dem Fahrer betrachtet werden. Hier sind grundsätzlich Individualsysteme angesprochen, die unabhängig von kollektiven Informationen eine für die vom Fahrer eingegebenen Wünsche optimale Strategie verfolgen. Die Verhaltenseinschätzung hinsichtlich einer tatsächlichen Befolgung kann ebenfalls sinnvollerweise über entsprechende szenarisch ausgestaltete Befragungen erfolgen.

Damit kommt in beiden beschriebenen Fällen wiederum eine Kombination von einerseits Regelsystemanalyse oder andererseits Befragung sowie anschliessender Formulierung des Ver-

haltens in einer Erweiterung eines mikroskopischen Simulationsmodells zum Verkehrsablauf zum Tragen.

Das Beispiel in Abb. 11 kann auch in diesem Fall angewendet werden, nur ist hier der Block der Stated Response Erhebung gegen einen fest definierten Regelalgorithmus auszutauschen, wenn es sich um entsprechende Automaten handelt. Sobald es sich bei den zu untersuchenden Assistenzsystemen nur um empfehlende Systeme handelt, gilt das Schaubild in Abb. 11 direkt.

9.2.3 Verkehrsinformation im OeV

Verkehrsinformation sowohl im OeV (Fahrgastinfo) als auch im MIV fallen prinzipiell unter den zweiten in Kap. 9.2.1 beschriebenen Sachverhalt, also um Empfehlungen, deren Missachtung keine rechtlichen Konsequenzen nach sich zieht. Hier stehen sogenannte pre-trip-Informationen zunächst im Vordergrund, aber es können auch Echtzeitinformationen einbezogen werden. Beides sind aber Informationen über Verbindungen und Reisezeiten im OeV und MIV vor Antritt oder während der Fahrt. Da grundsätzlich in der Phase der Planung eines Weges eine Entscheidungsfindung entweder noch nicht stattgefunden hat oder noch geändert werden kann, ist hier der Einfluss der Informationssysteme am grössten und daher eine Abschätzung der Wirkungen sinnvoll. Hier können mehrere Verfahrensansätze zum Tragen kommen.

Da bereits eine Vielzahl von Informationssystemen existiert, können Einwohner einer Stadt beispielsweise direkt mit dem zu untersuchenden Auskunftssystem konfrontiert werden. Allerdings ist damit zu rechnen, dass eher qualitative Aussagen kommen und zu wenig konkrete Ergebnisse hinsichtlich der Verhaltensänderungen, da Personen ‚fremde‘ Informationen nicht auf ihren eigenen Nutzen hin beurteilen können.

Damit wäre auch hier ein Befragungsansatz mit realistischen Situationen zu wählen. Hier können beispielsweise interaktive Befragungsverfahren zum Einsatz kommen, die zuerst die Agenda einer vergangenen Woche von einem Probanden erfragt und die dieser dann anschliessend erneut durchspielt mit nun zusätzlichen Informationen. Die Entscheidungen, die hier getroffen werden, können in ähnlicher Weise in ein Modell zur Berechnung der Verkehrsnachfrage eingebaut werden. Auch hier sind mikroskopische Nachfragemodelle zu priorisieren, da dort die Entscheidungssituationen und die Entscheidungsabläufe in homogener Weise integriert werden können.

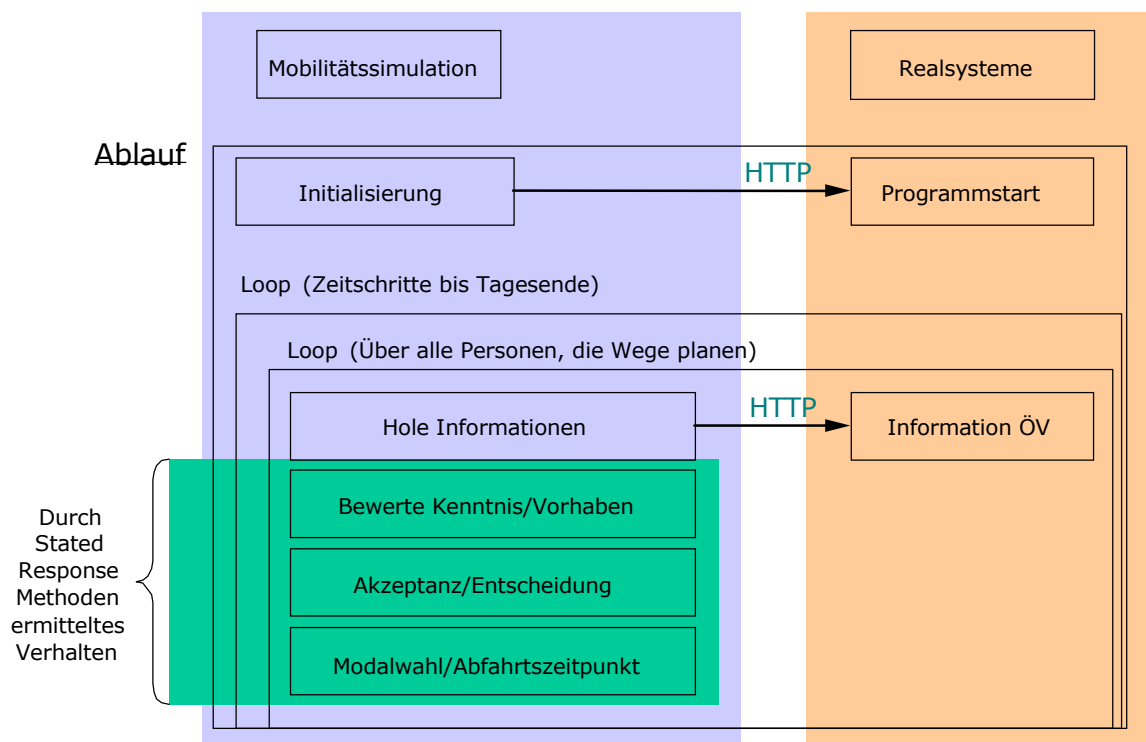
Analog zu den vorangegangenen Beispielen kann auch hier eine Kopplung von Simulationsmodellen und Erhebungsergebnissen zielführend sein, der Einsatz eines mikroskopischen Nachfragesimulationsinstrumentes und die Erhebung und Einbindung von Verhaltensanalysen mittels Stated Response Methoden.

Mittels einer geeigneten Befragung können unterschiedliche Informationsszenarien und Entscheidungssituationen durchgespielt werden und entsprechende Handlungsmodelle aus den Ergebnissen abgeleitet werden. Die Graphik in Abb. 6 auf Seite 22 zeigt eine praktische Anwendung dieser Vorgehensweise, indem eine mittels Stated Response Erhebung ermittelte Verhaltensweise in ein Mikrosimulationsmodell implementiert wurde, das den Tagesablauf von Einzelpersonen in der zu untersuchenden Region simuliert.

Personen, die einen Weg planen, haben die Möglichkeit, OeV-Informationen über eine Web-Schnittstelle von realen Informationssystemen abzufragen und können sich dann entscheiden, welches Verkehrsmittel sie nehmen wollen. Bei den dargestellten Vorhaben sind es neben Echtzeitauskünften auch flexible OeV-Bedienformen, die über das Informationstool gleichzeitig auch einfach gebucht werden können.

Das entsprechende Entscheidungsmodell wurde anhand einer Befragungsform ermittelt, die eine interaktive Form einer Stated Preference Erhebung darstellt.

Abb. 12: Schema der Ablaufsimulation im Forschungsprojekt RUDY (Ulm) einer Einbindung von Verhaltensbeschreibungen basierend auf Stated Response Erhebungen in Verbindung mit Verkehrsinformationen für den OeV



9.3 Weiteres Vorgehen / Forschungsbedarf

Das weitere Vorgehen sollte sich einerseits auf prototypische Anwendungen dynamisierter¹⁴ Modelle, andererseits auf die Methodenforschung konzentrieren. Sinnvoll können beispielsweise prototypische Anwendung sowohl mit mikroskopischen Modellen als auch mit einem zeitlich dynamisierten makroskopischen Umlegungsmodell sein. Bei letzterem fehlen wie bereits vorne erwähnt, Empfehlungen zur Kalibration, bei erstem könnte gezeigt werden, wie sich grundsätzlich Mikrosimulationsmodelle in Kombination mit realen oder angenommenen Befragungsdaten verbinden lassen. Dies könnte an einem ausgesuchten, überschaubaren Anwendungsfall für eine mikroskopische Simulation des Verkehrsablaufs, beispielsweise zusammen mit wechselbaren Informationsanzeigen an Autobahnverzweigungen derart, wie sie vor kurzem bei der Instandsetzung der A2/Belchentunnel zum Einsatz kamen, erfolgen. Ideal wäre es, wenn vorhandene Befragungsergebnisse (z.B. aus Stated Response Erhebungen) genutzt werden könnten, da dann auch eine mögliche Modellbildung aus diesen Daten gezeigt werden könnte. Es sind aber auch prototypische Anwendungen vorstellbar, bei denen Szenarien in der Form: „was wäre, wenn...“ zur Simulation kommen.

Vorgeschlagen wird daher eine Systematisierung von Stated Response Erhebungen, so dass durch Vorgaben und eine weitgehende Vereinheitlichung des Erhebungsdesigns eine möglichst hohe Übertragbarkeit der Daten erreicht wird. Sinnvoll wäre daher die Erarbeitung eines ‚Handbuchs zur Erhebung von VSM-Datengrundlagen‘.

Eine weitere Möglichkeit besteht in der Bereitstellung einer frei verfügbaren Modellgrundlage durch öffentliche Stellen. Für typische VSM-Anwendungen sollte ein Programmpaket soweit aufbereitet werden, dass öffentliche und private Anwender mit geringem Aufwand diese zur Berechnung der Wirkungen typischer VSM-Anwendungen in Massnahmen einsetzen können. Grundlage können frei verfügbare Algorithmen-Sourcen sein, die im Bereich der Dateneingabe und Ergebnisausgabe durch Programmentwicklung bedienbar und robust gemacht werden. Das Ergebnis könnte als Open Source frei zur Verfügung gestellt werden. Unterschiede zu kommerziellen Programmen können im Bereich des graphischen Komforts bestehen bleiben.

Fazit

Wenn es um die Beurteilung von VSM-Massnahmen geht, schneiden insbesondere mikroskopische Modelle sowie Befragungsmethoden vorteilhaft ab.

Bei mikroskopischen Modellen erlauben die Simulation der Streuung und die Veränderung von Ergebnisverteilungen bessere Rückschlüsse zum gewünschten Verhalten und damit genauere Resultate.

Auch Befragungsmethoden eignen sich grundsätzlich gut. Hier sollten aber noch Verbesserungen bei der Darstellung der erfragten Situationen erreicht werden. Gerade im technischen fakultativen Bereich, der durch viele VSM-Massnahmen angesprochen wird, übersteigen Fragen zu VSM-spezifischen Massnahmen das Vorstellungsvermögen vieler Personen.

(Forts.)

Fazit (Forts.)

Dies führt zu folgenden Empfehlungsvorschlägen für Weiterentwicklungen im Sinne eines „Planungsinstruments VSM“:

- Kurzfristig können mit zeitabhängigen Umlegungsmodellen, mikroskopischen Nachfragemodellen sowie optimierten Befragungsverfahren Verbesserungen erreicht werden.
- Längerfristig wird eine stärkere Integration von Nachfrage- und Netzmodellen eine erhöhte Abbildungsgenauigkeit ermöglichen. Dabei sind hinreichend genaue Datengrundlagen zu VSM-spezifischen Verhaltensreaktionen eine wichtige Voraussetzung.

Dabei ist auf eine Systematisierung der Erhebungsmethoden (z.B. von Stated Response Befragungen) zu achten, so dass durch Vorgaben und eine weitgehende Vereinheitlichung des Erhebungsdesigns eine möglichst hohe Übertragbarkeit der Daten erreicht wird. Empfehlenswert ist hierfür die Erarbeitung eines ‚Handbuchs zur Erhebung von VSM-Datengrundlagen‘.

Ebenfalls empfohlen wird die Bereitstellung einer frei verfügbaren Modellgrundlage durch öffentliche Stellen. Für typische VSM-Anwendungen sollte ein Programmpaket soweit aufbereitet werden, dass öffentliche und private Anwender mit geringem Aufwand diese zur Berechnung der Wirkungen typischer VSM-Anwendungen in Massnahmen einsetzen können.

10. Zusammenfassung / Schlussfolgerungen

Angesichts der Tatsache, dass Telematiksysteme für den Verkehr in absehbarer Zukunft nicht mehr zu vernachlässigen sind, existieren je länger desto mehr Untersuchungen, die letztlich vor allem auf die verkehrlich erzielbaren Wirkungen ausgerichtet sind. Die verschiedenen Forschungen und Arbeiten zeigen, dass die positiven Wirkungen generell überwiegen. Hier muss aber unterschieden werden einerseits hinsichtlich des Ausmasses der gewünschten Beeinflussung, andererseits in Bezug auf den Zeitpunkt der Wirkung:

- Unmittelbaren Einfluss haben Telematikanwendungen, die regelnd eingreifen wie Lichtsignalanlagen, Geschwindigkeitsbeschränkungen o.ä. Hier kann man von einer verhältnismässig hohen Befolgung ausgehen.
- Einfluss mit einer gewissen Latenzzeit haben Routenempfehlungen, Stauhinweise und Netzsteuerungen. Jüngere Untersuchungen zeigen, dass kollektive Wegleitungssysteme Umlenkungswirkungen von 5% bis 30% der umlenkbaren Verkehrsmengen aufweisen.
- Dynamische Verkehrsinformationssysteme können in zwei Kategorien unterteilt werden: reine Information zu Störungen und Umsetzung dieser Störungen in Reisezeitveränderungen. So gut wie kein System bezieht Prognosen oder Verkehrszustände auf untergeordneten Netzen in seine Routenzeitberechnung ein. Untersuchungen zu den Wirkungen beziehen sich auf Befragungen zu beabsichtigten Befolgungen. Hier geben zwischen 20% und 45% der Befragten an, dass sie der Empfehlung folgen würden. Gute und treffende Informationen vorausgesetzt, kann aber hier zukünftig mit höheren Befolgungsgraden gerechnet werden.

Vereinzelte Feldversuche mit gleichzeitigen Erhebungen zum Verhalten zeigen, dass die zu erwartenden Veränderungen auf unterschiedlichen Ebenen ablaufen und die Einflussmöglichkeiten in Abhängigkeit vom Verbreitungsgrad und von den Erfahrungen stetig zunehmen.

Viele gegenwärtig diskutierte oder geplante VSM-Massnahmen fallen in die Kategorie, wo persönlicher Nutzen für den Verkehrsteilnehmer nicht sofort offensichtlich oder die nötige Sensibilität noch nicht vorhanden ist. Dafür braucht es entweder zusätzliche Anreize zur Nutzung oder hinreichend eigene positive Erfahrungen, ehe die erwarteten Wirkungen in grösserem Umfang eintreten.

Die Bestimmung dieser Wirkungen setzt folglich die Kenntnis der Akzeptanz im zeitlichen Verlauf und des Befolgungsgrades einer Massnahme voraus. Entsprechende Prognosen sind deshalb sehr anspruchsvoll.

Für die Evaluation und Bewertung der VSM-Massnahmen sind folgende Voraussetzungen wichtig:

Bezüglich Überwachung und Erfassung / Prognose

- Vollständigkeit der Erfassung, Aktualität der Daten
- Zeithorizont der Prognosedaten (wenige Minuten, bis 1 Stunde, mehrere Stunden, mehrere Tage) und ihre Genauigkeit
- Rückkopplung der Datenerfassung und Prognose zu den Steuerverfahren, mit / ohne Berücksichtigung der Nutzerreaktionen

Bezüglich Wirksamkeit von Steuerungsmassnahmen

- Zielsetzung der Steuerung (Sicherheit, Gleichmässigkeit des Verkehrsablaufs, Beseitigung von Engpässen, Bedarfssteuerung, Nachfragebeeinflussung)
- Erreichbarkeit der Zielgruppen
- Akzeptanz der Massnahmen beim Nutzer
- Art der Wirkung, Richtung der Wirkung und Intensität
- Gegenläufige Effekte

Werden diesbezüglich die auf dem Markt oder in Entwicklung befindlichen Instrumente analysiert, kann keine einheitliche Bilanz gezogen werden. Für einzelne Massnahmen (z.B. LSA-Steuerungen) sind erprobte Instrumente, die den Anforderungen genügen, bekannt und im Einsatz. Überall dort, wo hingegen VSM-Massnahmen indirekt auf die Nachfrage einwirken und diese kontinuierlich verändern, wo auch die Akzeptanz und Reaktionsmuster sich laufend verändern und deshalb die momentane Wirkung permanent mit den Massnahmen und den Reaktionen rückgekoppelt werden müsste, sind neue Instrumente erforderlich. Diese gibt es, sie sind aber noch in der Entwicklungs- und Erprobungsphase.

Grundsätzlich sind weitere Kriterien für den praktischen Einsatz heranzuziehen wie Datenversorgungsaufwand und Rechengeschwindigkeit der Modellinstrumente. Für die Beurteilung von VSM-Massnahmen mit einem grösseren Netzbezug und einer raschen Antwortzeit – beispielsweise in Verkehrsleitstellen - kommen in erster Linie Netzmodelle mit dynamischer Umlegung in Frage. Im Falle von offline-Fragestellungen (d.h. geringer Anforderung nach kurzer Antwortzeit) bieten sich nahezu alle Modellkategorien an, so dass es hier auf die konkrete Fragestellung ankommt. Modelle mit einer Rückkopplung von Verkehrszuständen auf die Nachfrage müssen zukünftig dort im Vordergrund stehen, wo fakultative Massnahmen oder Angebote existieren. Obligatorische Beeinflussung (wie beispielsweise Zuflusssteuerungen oder netzweite Koordinierungen von Lichtsignalanlagen) kann hingegen mit der Modellgruppe der dynamischen Umlegungsmodelle behandelt werden, für die es bereits vielversprechende Anwendungen und differenzierende Datengrundlagen gibt, auch wenn ihre Versorgung in vielen Fällen sehr aufwendig ist. Grosse Unterschiede gibt es bei allen Instrumenten allerdings noch in der Ausgereiftheit als Produkt.

Befragungsinstrumente stehen dann im Vordergrund, wenn mit einem verringerten Aufwand in verhältnismässig kurzer Zeit vor allem qualitative Aussagen über neue Massnahmen oder neue Angebote ermittelt werden sollen oder wenn die vorhandene Datenlage nicht ausreichend ist, um die gewünschte Modellierung hochwertig zu kalibrieren.

Wenn es um die Beurteilung von VSM-Massnahmen geht, schneiden insbesondere mikroskopische Modelle sowie Befragungsmethoden gut ab. Daraus werden folgende Empfehlungsvorschläge für Weiterentwicklungen für ein „Planungsinstrument VSM“ unterbreitet.

Kurzfristig können mit zeitabhängigen Umlegungsmodellen, mikroskopischen Nachfragemodellen, Einbau von Entscheidungsalgorithmen (Handlungsmodell) sowie optimierten Befragungsverfahren Verbesserungen erreicht werden. Längerfristig wird eine stärkere Integration von Nachfrage- und Netzmodellen eine erhöhte Abbildungsgenauigkeit ermöglichen. Dabei sind hinreichend genaue Datengrundlagen zu VSM-spezifischen Verhaltensreaktionen eine wichtige Voraussetzung.

Literaturverzeichnis

Allgemeine Literatur zu VSM-Massnahmen und Instrumenten

Schweiz

- [1] UVEK/ASTRA Strassenverkehrstelematik (SVT-CH 2010). Leitbild für die Schweiz im Jahre 2010, Bern 1999
- [2] Jenni+Gottardi AG, Einsatzmöglichkeiten und Wirksamkeit von Verkehrssystem-Management-Massnahmen in der Schweiz, Zürich 1998
- [3] Abay & Meier, Zweckmässigkeitskriterien für Infrastruktureinrichtungen von Verkehrstelematik-Systemen“, Zürich 2001
- [4] Jenni+Gottardi AG / R. Keller AG; VSM Belchen Wirksamkeitsanalyse (Zwischenbericht und Nachtrag Unfallanalyse) April resp. Oktober 2002
- [5] Jenni+Gottardi AG VLS N2/N3, Wirksamkeitsanalyse, Vorabklärungen, August 2002 (nicht veröffentlicht), August 2002
- [6] R. Keller AG, N1 VBS Grauholz, Wirksamkeitsanalyse, Basel 1998
- [7] SN 640 871 Strassenverkehrstelematik, Grundlagennorm, 1999
- [8] B+S Ingenieur AG, Projekt VISUM, Wirksamkeit eines Verkehrssystem-Managements, Forschungsarbeit im Rahmen des NFP41, Verkehr und Umwelt, Bern 1999
- [9] Pitzinger, P., Nationalstrasse A1L, Stadt Zürich, Rampenbewirtschaftung stadtauswärts, 1. Etappe: Zufahrt Schwamendingen, Auswertung von Erfahrungen, August 1997
- [10] Jenni+Gottardi, Pitzinger P., A1 Anschluss Baden-West, Bedarfsgerechte Steuerung Fahrtrichtung Zürich, Erhebung 2001 / Bilanz erstes Betriebsjahr, Oktober 2001

Ausland

- [11] Müller, G; Hohlweg; G., Telematik im Strassenverkehr – Initiativen und Gestaltungskonzepte; Springer-Verlag, 1995, Berlin
- [12] Topp, H.H., Technik allein löst unsere Verkehrsprobleme nicht; Deutsches Ingenieursblatt 2, 1995, Nr. 5, S. 14-24
- [13] MVU: Telematik im Verkehr – Regionales Verkehrsmanagement Stuttgart: das STORM-Projekt, Verkehrswissenschaftliche Bewertung; Schriftenreihe der Strassenbauverwaltung Baden-Württemberg, Heft 7, 1996
- [14] Zackor, H., Mobilitätssicherung durch Verkehrssystem-Management; Strassenverkehrstechnik Heft 41, 1997, S.109-111
- [15] Zackor, H., Informationsstrategien für Telematikanwendungen im Strassenverkehr; Strassenverkehrstechnik Heft 4, 1999, S.153-158
- [16] DVWG, Telematik im Verkehr – Stand und Perspektiven integrierter Verkehrsmanagements, Vorträge zum Fachkongress der Europäischen Verkehrstage in Leipzig; Schriftenreihe der Deutschen Verkehrswissenschaftlichen Gesellschaft (DVWG), Reihe B, 1997

- [17] DVWG, Verkehrsmanagement, Einsatzbereiche und Einsatzgrenzen, Arbeitspapier Nr. 56, Ausgabe 2002
- [18] Schnittger, S: The EU-SPIRIT System Architecture; Proceedings for the Symposium at ITS Conference in Bilbao, Bilbao, Juni 2001
- [19] Schnittger, S.: The BETA test challenge: quality, performance and availability; EU-SPIRIT newsletter No 3/00, ERTICO (publisher), September 2000,
- [20] Schnittger, Stephan: Verkehrsinformatik – Tendenzen der Informationsverarbeitung, Beitrag zur Fortbildungsveranstaltung der IBM, Böblingen, Juli 2000
- [21] Schnittger, S.: EU-SPIRIT - Technical development; Concertation Meeting, European Commission – DG XIII, November 1999
- [22] Schnittger, S.: EU-SPIRIT: Communication between existing planning systems; EU-SPIRIT newsletter No 1/99, ERTICO (publisher), August 1999,
- [23] Radermacher, Franz Josef; Schnittger, Stephan; Schaal Markus: DELFI - Durchgängige elektronische Fahrplaninformation - Stufe 2, Nahverkehrsforschung 1997, Statusseminar XXII, Hrsg: Projektträger Bodengebundene Verkehrstechnologien (PT-BVT) beim TÜV Rheinland, im Auftrag des BMV und BMBF, Köln, 1998
- [24] Gottardi, Giovanni; Schnittger, Stephan; Müller, Danièle: Verkehrsmanagement - Permanenter Überblick über die aktuelle Verkehrssituation auf dem Strassennetz, Strasse und Verkehr, Heft 3/97
- [25] Radermacher, F.J.; Schaal, M.; Schnittger, S.: Continuous Electronic Time Table Information on Public Transport – DELFI. Proceedings of the 4th World Congress on Intelligent Transport Systems, Berlin, 1997
- [26] Schnittger, Stephan: The Influence of Time and Route Dependent Road Pricing Schemes; Proceedings of the 4th World Congress on Intelligent Transport Systems, Berlin, 1997
- [27] Schnittger, Stephan; Henninger, Tobias, u.a.: DELFI – Durchgängige elektronische Fahrplanauskunft, Stufe 3: Formale Abnahme und Demonstration im Internet - Abschlussbericht; Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Berlin, 2001
- [28] Haug, A.; Henninger, T.; Schnittger, S.: Recommendations for Harmonisation of Data Bases and Specification for Implementing of Travel Planning API, EU-SPIRIT Deliverable MD 4.6/4.7, 1999
- [29] Schnittger, Stephan; Henninger, Tobias, u.a.: DELFI – Durchgängige elektronische Fahrplanauskunft, Stufe 2: Prototypische Implementierung und Test - Abschlussbericht; Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Berlin, 1998
- [30] Schnittger, Stephan; Schaal, Markus, u.a.: DELFI - Deutschlandweite elektronische Fahrplaninformation - Stufe 1; Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Februar 1997

- [31] Heine, T; Schnittger, S.: Flexibilisierung der Verkehrsnachfrage, Tagungsbeitrag "Zeitbudgeterhebung in Deutschland – Erfahrungsberichte der Wissenschaft", Wiesbaden, Oktober 2001
- [32] Lipps O.: Modellierung der individuellen Verhaltensvariation bei der Verkehrsentstehung, Schriftenreihe des Instituts für Verkehrswesen, Heft 58, 2001
- [33] Lipps O.: Inter- und intrapersonelle Variation der Aktivitätsrhythmen, in: Tagungsbericht HEUREKA, Karlsruhe, 2002
- [34] Chassang, R.: Travel Information Services in the Paris Region“ in: IUTTF Proceedings (Tagungsband Inter-Urban Transport Telematics Forum der DG XIII), European Commission, 1999
- [35] Statistisches Bundesamt: Wo bleibt die Zeit – die Zeitverwendung der Bevölkerung in Deutschland, Statistisches Bundesamt Deutschland, Wiesbaden, 1999
- [36] Steinauer, et al.: Weiterentwicklung von Modellen zur Alternativroutensteuerung unter besonderer Berücksichtigung vermaschter Netze, Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik, Heft 817, Bonn, 2001
- [37] Schillewaert, N., Langerak, F., Duhamel, T.: Non-probability sampling for WWW surveys: a comparison of methods, Journal of the Market Research Society, Vol. 40/4, October 1998.

Literatur über Zustandsanalysen / Verkehrslage

- [38] JTE: New perspectives for ATMS: Advanced technologies in traffic detection; Journal of transportation engineering 124, Nr 1, 1998, S. 9-15
- [39] JTE: Traffic flow forecasting: Comparison of modeling approaches; Journal of transportation engineering 123, Nr. 4, 1997, S. 261-266

Literatur über Verkehrsbeeinflussung und Wirkungen

- [40] Kühne: Integriertes Verkehrsmanagement in Ballungsräumen – Anspruch und Wirklichkeit; Strassenverkehrstechnik 43, Nr. 8, 1999, S. 361-367
- [41] HiggJohn: Evaluating transportation programs: Neglected principles; Transportation 26, Nr. 4, 1999, S. 323-335
- [42] Kämpf, Benz, Steven: Umweltwirkungen von Verkehrsinformations- und -leitsystemen im Strassenverkehr – Forschungsbericht UFOPLAN – Nr. 29496024; Umweltbundesamt, Berlin, 2000
- [43] Routledge, Kemp, Radia: UTMC: The way forward for urban traffic control; Traffic Engineering + Control 37, Nr. 11, 1996, S. 618-623

- [44] Haag, Hupfer, Bieber: Wirkungen von Verkehrsmanagement – systemanalytisch untersucht; Grüne Reihe Heft 29, Fachgebiet Verkehrswesen Universität Kaiserslautern, 1995
- [45] FGSV : Verkehrsmanagement: Einsatzbereiche und Einsatzgrenzen; Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen, Köln, 2002-05-07
- [46] DVWG: Erfahrungen mit Verkehrsmanagementsystemen; Schriftenreihe der Deutschen Verkehrswissenschaftlichen Gesellschaft (DVWG), Reihe B, 1995
- [47] ADAC: ADAC-Untersuchung „Dynamische Navigation“, Testfahrten und Praxistest 2000, www.adac.de
- [48] Beckmann, et al.: Verkehrstechnische Effekte kollektiver und individueller Zielführung, Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik, BMVBW, Heft 815, Bonn, 2001
- [49] Prognos, TÜV Automotive, IBV, Umweltwirkungen von Verkehrsinformations- und -leitsystemen im Strassenverkehr, Endbericht, Basel, Juli 1999
- [50] Prognos, Keller, Wirkungspotenziale der Verkehrstelematik zur Verbesserung der Verkehrsinfrastruktur- und Verkehrsmittelnutzung, Basel, Juli 2001
- [51] Balz, W.: „Wirkungen kollektiver Verkehrsbeeinflussungsanlagen“; in: Strassenverkehrstechnik 7/1995, S. 301 ff
- [52] Kluzer, Aigner, Eberhardt (2001): Evaluation Results, EU-SPIRIT (TR 5002), Project Deliverable 6.3, 2001
- [53] Bailey, Staats: Evaluation of ITS Projects. INFORMS, Fall 1995 Conference, New Orleans, 1995
- [54] US DOT (Departm. of Transp.): Advanced Public Transportation Systems: Evaluation Guidelines. Washington DC, 1994
- [55] Boot J. et. al.: The long road towards the implementation of road pricing: the dutch experience, ECMT/OECD Workshop on Urban Travel, Dublin, 1999
- [56] Visser A. et al.: Discrete Modelling Methodology for intelligent transport systems, Deptm.of Computer Science, Amsterdam, 2000
- [57] Small K., Gomez-Ibanez J.: Road Pricing for congestion management: the transition from theory to policy; aus: Road Pricing, Traffic Congestion and the Environment: Issues of Efficiency and Social Feasibility, Cheltenham, 1998

Nachtrag

- [58] Rapp, P.: TRANS 3, Multimodal Travel Information Service for trinationl regional transport, final rapport, Paris/Basel, Januar 2003

Anhang

- 1 Dynamische Umlegungsmodelle /Verfahren nach Polumsky**
- 2 Verfahren nach DNA**
- 3 Das DRUM-Verfahren**
- 4 Verfahren nach Schwerdtfeger**
- 5 Zelluläre Automaten (CA)**
- 6 Verkehrsfluss-Simulationsmodelle**
- 7 Nachfragemodelle**
- 8 Befragungsverfahren**

Dynamische Umlegungsmodelle

In jüngerer Zeit sind im Rahmen diverser Forschungsprojekte Modelle zur Ermittlung von Netzzuständen und deren dynamischen Fortschreibung, also zur unmittelbaren Vorausberechnung der Zustandsentwicklung und damit zur Kurzfristprognose, auf Netzebene entstanden. So wurde für das Leitprojekt Mobinet (München) der dynamische Router DINO weiterentwickelt und zur Prognose von Belastungen und Reisezeiten eingesetzt.

Im Rahmen des Projektes MOBILIST wurde erstmalig auch eine Kopplung von dynamischem Netzmodell und disaggregiertem Nachfragemodell realisiert. Dieses Modell ist speziell für die mittelfristige Verkehrsvorhersage von einigen Stunden konzipiert worden. Es ist speziell ausgelegt zur Lösung der Probleme zeitlich und räumlich veränderbarer Verkehrsströme im Straßennetz. Es umfasst unterschiedliche Simulationsverfahren mit unterschiedlichen Stärken. Bei einzelnen besonders gut geeigneten Verfahren weist der Rechenprozess zum Teil erhebliche Laufzeiten auf, anderen Verfahren fehlt der praktische Nachweis der Tauglichkeit. Grundsätzlich fehlt allen dynamischen Umlegungsmodellen die Kopplung zur Nachfrageebene.

Die dynamischen Umlegungsmodelle sollen das Problem der schnellen Umlegung unter Berücksichtigung der zeitlichen Entwicklung des Verkehrsablaufs lösen. Klassische Umlegungsmodelle legen Wunschlinien auf eine Route um, wodurch eine Belastung entlang der gesamten Route innerhalb eines Zeitbereichs zugleich vorhanden ist. Damit sind hinsichtlich der Genauigkeit Grenzen gesetzt. Die untere Grenze der zeitlichen Auflösung im klassischen Verfahren ist durch ein Intervall gegeben, das grösser ist als die grösste Durchfahrtszeit durch das Netz. Hierbei sind auch Stauverlustzeiten zu berücksichtigen. Damit sind die klassischen Verfahren nicht zur Steuerung geeignet.

Die nachfolgend beschriebene Gruppe der dynamischen Umlegungsmodelle versucht dieses Problem mit unterschiedlichen Schwerpunkten und Zielsetzungen zu lösen.

Verfahren nach Polumsky

Polumsky entwickelte Ende der 80er Jahre ein neues Verfahren zur Umlegung, das insbesondere das Problem der feineren zeitlichen Auflösung lösen sollte. Hierzu entwickelte er ein Modell, das die Nachfragematrix, in Zeitscheiben unterteilt, auf das Netz umlegen kann. Zur Lösung der unterschiedlichen Fahrtweiten unterteilte er zusätzlich die Fahrtenmatrix in die unterschiedlichen Zwecksegmente.

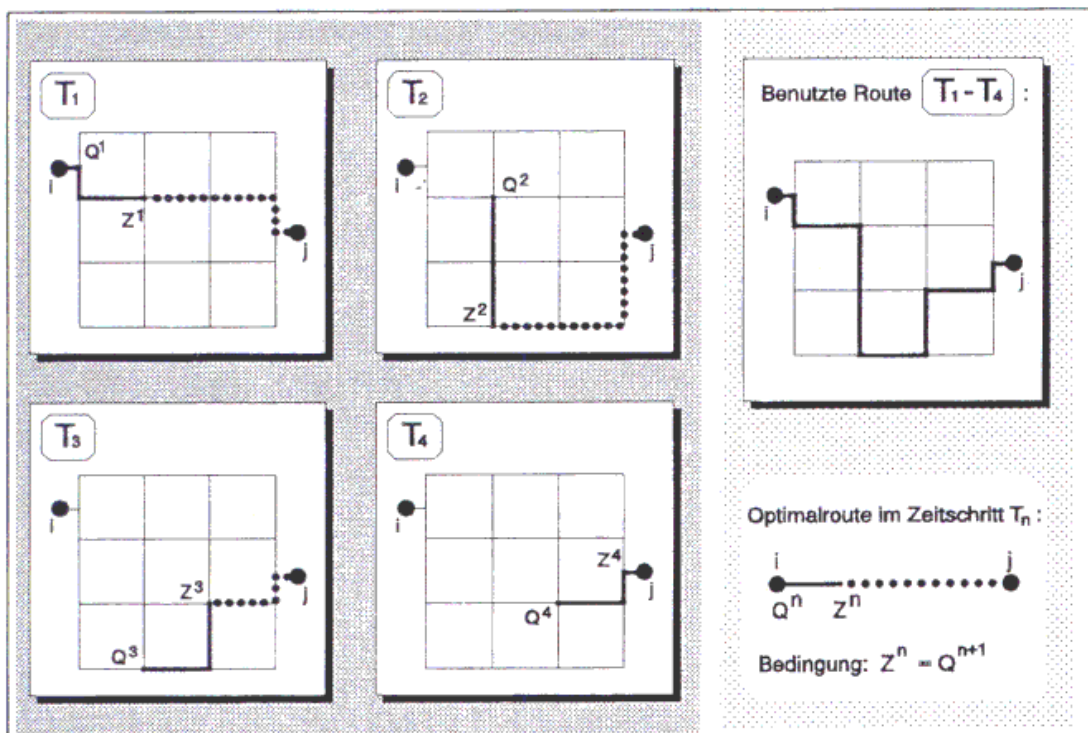
Die Zeitschrittweite beträgt 10 Min. Danach ist der erreichte Streckenpunkt Ausgangspunkt für den nächsten Zeitschritt. Die Routensuche beginnt jeweils neu beim aktuellen Knoten. Das Verfahren ist in Abb. 10 veranschaulicht:

1. Zum Zeitpunkt T_1 wird eine beste Route (z.B. die schnellste) von i nach j gesucht. Die Last (die Menge der Fahrzeuge im betrachteten Zeitsegment) wird von $i = Q_1$ aus soweit auf die Strecken umgelegt, bis die Reisezeit zum erreichten Netzknoten grösser

- oder gleich der Segmentzeit ist. Die erreichte Strecke ist die neue Quelle für die auf der Strecke liegende Verkehrsmenge im sich anschliessenden Zeitsegment (Z1).
2. Zum Zeitpunkt T2 wird für die Verkehrsmenge von $Z1 = Q2$ aus nach j wiederum eine beste Route gesucht, die nicht mehr der vom vorherigen Zeitsegment entsprechen muss. Aufgrund einer neuen besten Route wird nun im Zeitsegment die Strecke Z2 erreicht, die nun wieder Ausgangspunkt für den nächsten Zeitschritt ist.
 3. Zum Zeitpunkt T3 wird von $Z2 = Q3$ aus erneut eine beste Route gesucht und analog bis zum Ende des Zeitsegments umgelegt. Erreicht wird hier im Beispiel Z3.
 4. Z3 ist als $Q4$ im vierten Zeitsegment Ausgangspunkt für eine neue Umlegung, mit der dann das Ziel j erreicht wird.

Als realitätsfremd muss an dem Verfahren angemerkt werden, dass zwar eine bessere Lastauflösung durch die feinere zeitliche Verteilung erreicht wird, die Steuerung der Routenwahl anhand der tatsächlichen Netzbelastung und somit ausgehend von einer unterstellten vollständigen Netzkenntnis zum jeweiligen Umlegungszeitpunkt dürfte jedoch für nahezu alle Verkehrsteilnehmer aber kaum zutreffen dürfte.

Abb. 10: Prinzip der Routensuche nach Polumsky (vereinfacht)



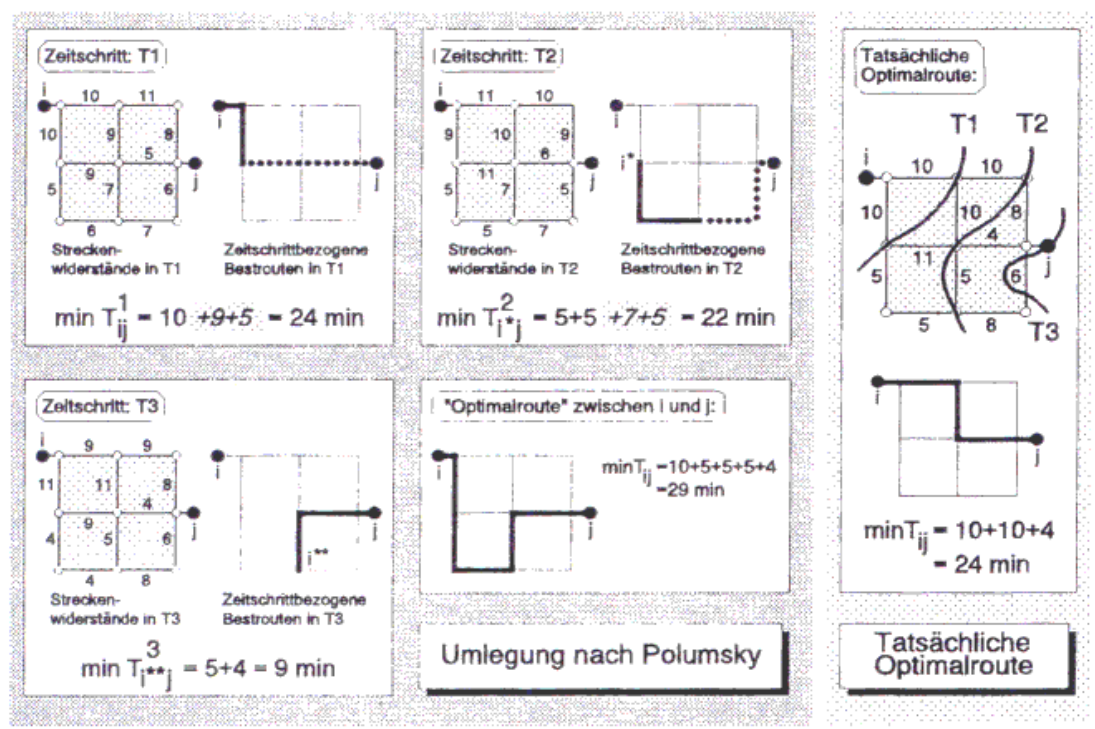
Vorteile:

- realitätsnähere Belastungsergebnisse auf den Kanten
- plausible Ergebnisse in grossmaschigen Netzen

Nachteile:

- zeitliche Auflösung begrenzt auf die Länge einer Kante
- keine Möglichkeit zur Abbildung eines Rückstaus oder der Engstellenabflussbeschränkung
- Umlegung basiert nach wie vor auf Bestwegkenntnis
- unplausible kurze ‚Optimalrouten‘ in kleinmaschigen Netzen

Abb. 11: Prinzip der Routensuche nach Polumsky (ergänzt)

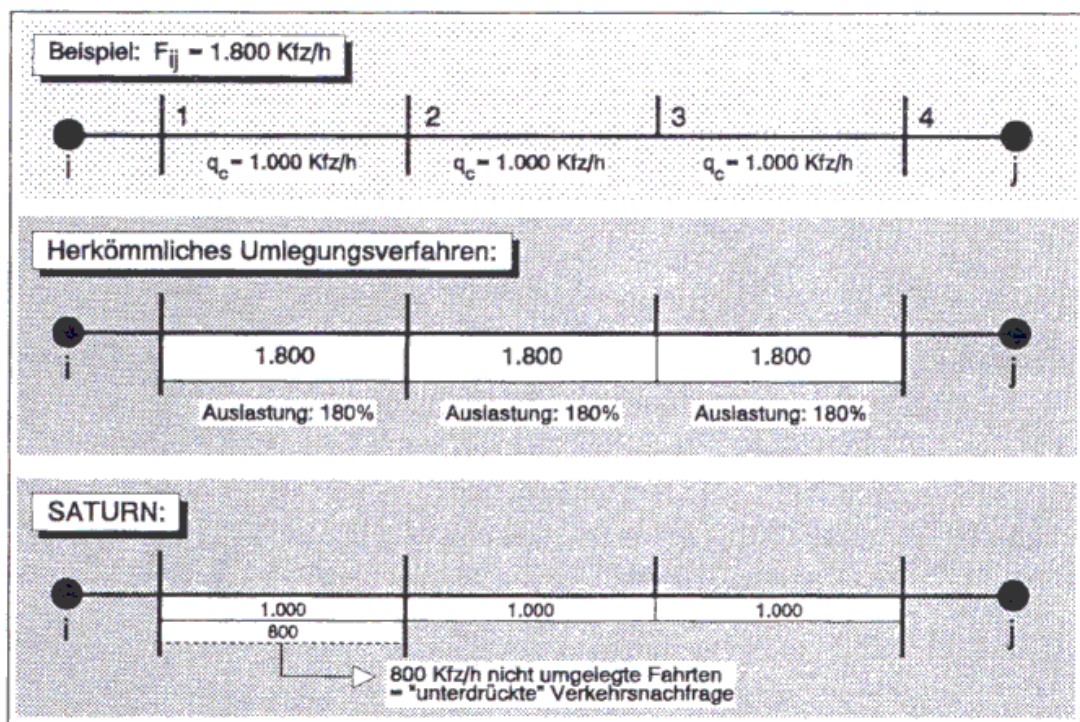


In Abb. 11 ist ein Vergleich zu finden, der das Verfahren nach Polumsky und seiner sukzessiven Suche nach einer besten Route ausgehend von momentan erreichten Punkten mit einer auf der abschliessenden Reisezeitsituation basierenden Routensuche vergleicht. In dem Rechenbeispiel wird gezeigt, dass sich durch drei sukzessive Umlegungsschritte und die so entstehenden Reisezeiten eine Gesamtreisezeit von 29 Minuten ergibt. Eine Routensuche, die ausgehend von der abschliessenden Belastungssituation eine schnellste Route suchen würde, käme demgegenüber zu einem Ergebnis von 24 Minuten.

Verfahren nach DNA

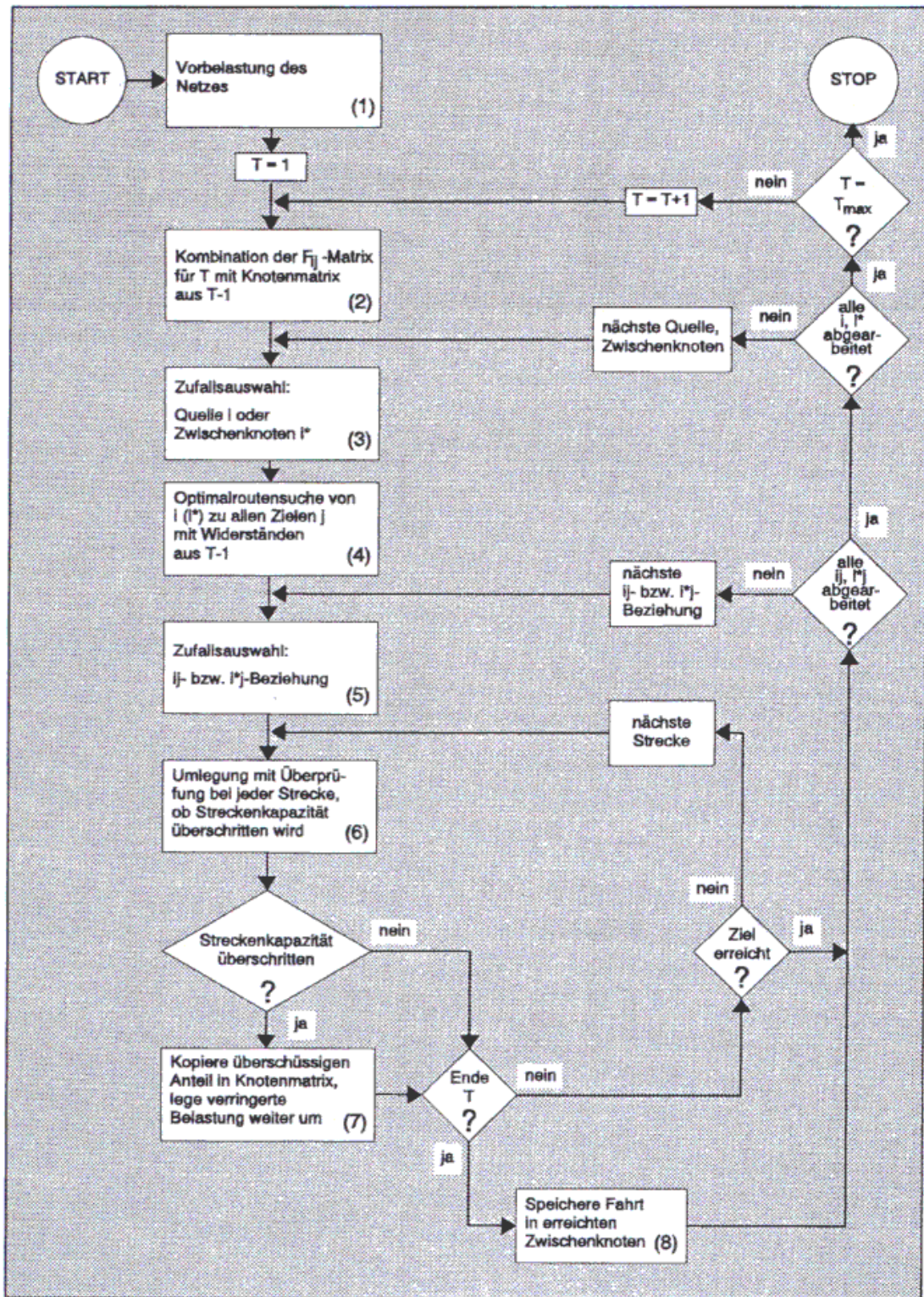
Das DNA-Verfahren basiert auf dem in Grossbritannien entwickelten SATURN-Modell. Letzteres wurde insbesondere zur Evaluierung von Netzsteuerungen entwickelt. Es reagiert daher auch auf Kapazitätsbeschränkungen korrekt. Führt eine solche zu Rückstau, bildet sich dieser am Knoten selbst. Es führt ein ‚Buffer-Network‘ ein, dessen Arbeitsweise vereinfacht in Abb 12 dargestellt ist. Eine Strecke mit drei Abschnitten, die jeweils eine Kapazität von 1000 Fahrzeugen pro Stunden haben wird mit einer Nachfrage von 1800 Fahrzeugen belastet. Im herkömmlichen Umlegungsprozess kommt es nun zu einer Überlastung auf allen drei Abschnitten, während nach dem SATURN-Verfahren nur der erste Abschnitt überlastet wird und diese Fahrzeuge dort für die nächste Zeitscheibe gespeichert werden.

Abb. 12: Vereinfachte Darstellung des SATURN-Buffer-Prinzips



Das DNA-Verfahren dynamisiert das SATURN-Modell. Die Umlegungsperiode wird in gleich-grosse Zeitschritte zerlegt, wobei für jeden Zeitschritt eine Fahrtenmatrix vorliegen muss. Fahrten, die innerhalb des Zeitschritts nicht das Ziel erreichen, werden wie bei Polumsky in den Knoten zwischenspeichert. Das Verfahren ist in der folgenden Abbildung erläutert:

Abb. 13: Prinzip des DNA-Verfahrens



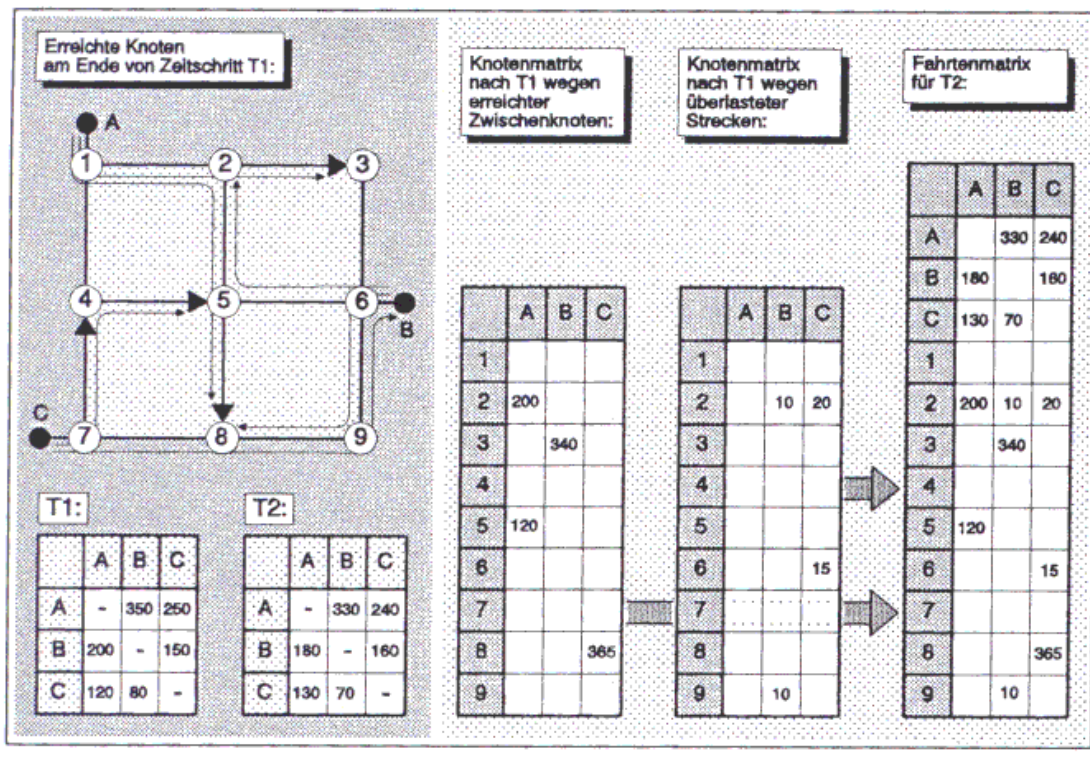
Gemäss Abb. 13 werden folgende Schritte durchlaufen:

1. Zunächst wird das Netz vorbelastet (1), um erste Reisezeiten berechnen zu können.
2. Kombination der aktuellen Fahrtenmatrix für den Zeitschritt T mit den vorhandenen Knotenbelastungen aus dem Zeitschritt T-1 (2)
3. Zufallsauswahl einer Quelle oder eines Zwischenknotens (3)
4. Bestwegsuche von der Quelle (oder dem Zwischenknoten) zu allen Zielen auf der Basis der im Zeitschritt T-1 ermittelten Verkehrsbelastungen (4)
5. Zufallsauswahl einer gefundenen Route (5)
6. Umlegung der Fahrtenmenge auf diese Route (6). Falls die Streckenkapazität erreicht wird, wird der die Kapazität übersteigende Anteil der Fahrten in die Knotenmatrix für den Zeitschritt T kopiert (7). Bei der Weiterverfolgung der Route wird nur noch der verringerte Anteil umgelegt.
7. Falls Ende des Zeitschritts erreicht ist, wird die Verkehrsmenge in dem erreichten Knoten gespeichert (8)
8. Wiederhole Schritte 5 bis 7 für alle Routen von der gewählten Quelle oder dem gewählten Zwischenknoten für alle Ziele
9. Wiederhole Schritte 3 bis 8 für alle Quellen und Zwischenknoten
10. Wiederhole Schritte 2 bis 9 für alle Zeitschritte

Da das Verfahren auf dem Modell von Polumsky basiert, gilt für die Bestwegsuche das vorangeordnete. Es wird im allgemeinen nicht die wirklich optimale Route gefunden, da zurückliegende Routenteile nicht mehr berücksichtigt werden und für den Verkehrsteilnehmer auch immer von einer optimalen Netzkenntnis ausgegangen wird.

Die Zufallsauswahl sorgt zumindest bei grösseren Netzen dafür, dass keine Quellen oder Knoten systematisch bevorzugt werden. In Abb. 14 ist ein einfaches Beispiel für das Verfahren angegeben.

Abb. 14: Beispiel zum DNA-Verfahren



Das DNA-Verfahren eignet sich gut zur Untersuchung von individuellen Leiteinrichtungen. Einen Dienst, der immer die aktuelle Kenntnis der Routenbelastung hat, würde Routenempfehlungen genau in der Art geben, wie es das Modell nach Polumsky umsetzt. Somit können derartige Effekte bei 100% Befolgung der Empfehlung untersucht werden.

Vorteile:

- kann Stau abbilden und Kapazitätsbeschränkungen mit realem Abfluss abbilden

Nachteile:

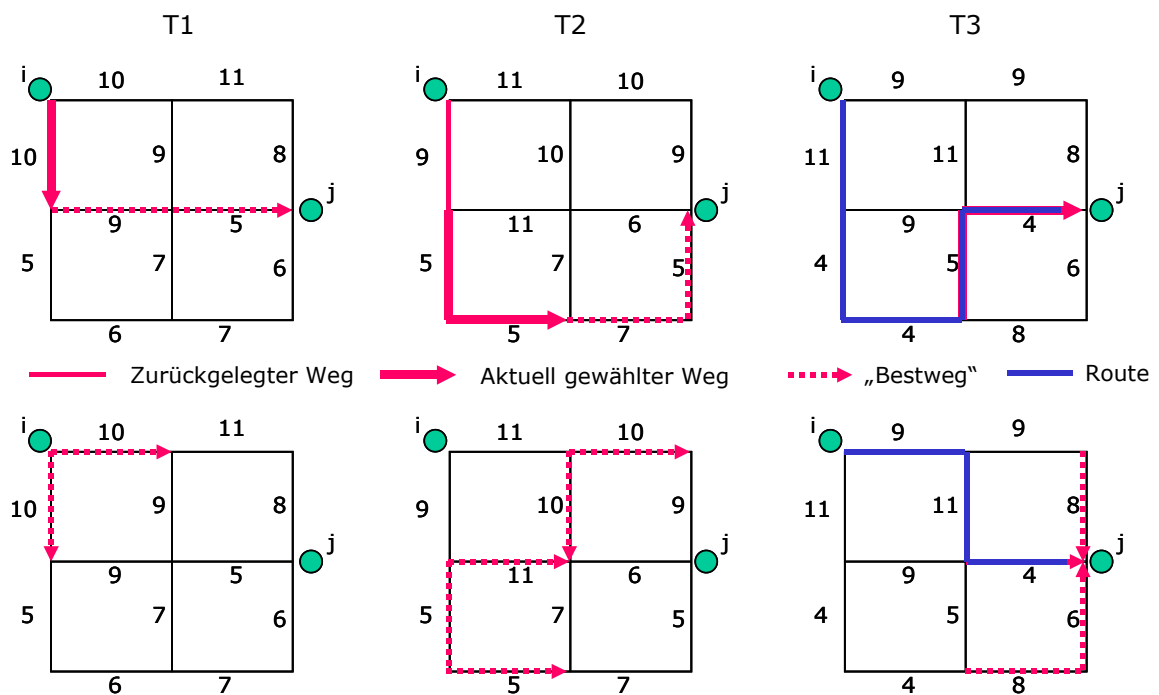
- wie bei Polumsky: Routensuche anhand des belasteten Netzes, daher quasi optimale Kenntnis der tatsächlichen Situation vorausgesetzt

Das DRUM-Verfahren

Das Verfahren, das von Serwill in dem Modell DRUM implementiert wurde, versucht einen Algorithmus zu realisieren, der davon ausgeht, dass eine Person nicht perfekt über die aktuelle Verkehrssituation informiert ist. Daher versucht der Algorithmus den Ansatz zu verfolgen, dass ein Verkehrsteilnehmer seine Route auf der Basis einer Reisezeitvorstellung wählt. Dies geschieht mittels einer Antizipation von Widerständen, ein geschlossener Ansatz ist nicht möglich.

Während sich beispielsweise Polumsky bei seiner Suche im Zeitschritt T_i von der Reisezeit auf der Restroute bis zum Ziel nur von den momentanen Belastungen leiten lässt, selbst wenn das Ziel nicht in einem Zeitschritt erreicht werden kann, versucht DRUM dieses Manko durch ein Fortschalten auf einen anderen zeitlichen Zustand zu beseitigen, wenn dieser durch die Suche zeitlich erreicht wird. Dies geht nur, wenn ein durch frühere Umladungen vorbelasteter Zustand erreicht ist. Daher die iterative Vorgehensweise.

Abb. 15: Rechenbeispiel zum DRUM-Verfahren



In Abb. 15 ist ein Rechenbeispiel zum DRUM-Verfahren (unten) und dem Verfahren nach Polumsky (oben) zu sehen. Während Polumsky zum jeweiligen Zeitschritt T_i die weitere Route anhand des weiteren gesamten momentanen Bestweges ausgehend von einem Knoten sucht, verwendet das DRUM-Verfahren auch bereits für die Bestwegsuche und nicht nur für die Umladung ein zeitabhängiges Netz. Im oberen Teil wird zum Zeitpunkt T_1 ausgehend von i der Bestweg nach j anhand des momentanen Belastungszustands gesucht, aber nur bis zum Ende des Zeitintervalls (10 Min) verfolgt. Dann wird ausgehend vom erreichten Knoten im Zeit-

schritt T2 wieder eine beste Gesamtroute anhand des momentanen Widerstands gesucht, usw. Im DRUM-Verfahren ist hingegen bereits eine zeitabhängige Suche implementiert (Illustriert durch die Ausbreitung des Suchbaumes über die einzelnen Zeitschritte T1 bis T3). Die bei Polumsky gefundene Route weist eine Gesamtreisezeit von 29 Minuten auf, während die durch das DRUM-Verfahren gefundene Route nur auf 24 Minuten kommt.

Vorteile:

- kann Stau und Kapazitätsbeschränkungen mit realem Abfluss abbilden, weist eine zeitdynamische Suche nach dem besten Weg auf

Nachteile:

- das Verfahren ist aufgrund der Forderung nach einem Adaptionvorgang (je nach Komplexität des Netzes ist eine beträchtliche Anzahl Iterationen erforderlich) erheblich aufwendiger in der Datenversorgung und in der Kalibration (Adaption) wie die vorherigen Modelle

Verfahren nach Schwerdtfeger

Das mesoskopische Simulationsverfahren DYNEMO (**D**ynamisches **N**etz**m**odell) simuliert den Verkehrsablauf in Segmenten und fahrzeugfein in 10-Sekunden-Zeitschritten. Pro Segment müssen v-k-Beziehungen vorgegeben werden, an denen sich der Fluss orientiert.

In Abb. 16 ist das Prinzip des Verfahrens dargestellt. Eine Strecke wird in Segmente unterteilt und pro Segment muss eine v-k-Beziehung angegeben werden. Pro Zeitschritt wird dann zunächst die Anzahl der Fahrzeuge im Segment festgestellt und daraus die Dichte errechnet. Mit der Dichte kann aus der v-k-Beziehung die Gleichgewichtsgeschwindigkeit ermittelt werden und zusammen mit den oberen und unteren Grenzen der Geschwindigkeit sowie der Wunschgeschwindigkeit der Fahrzeuge wird die Bewegungsgeschwindigkeit für jedes Fahrzeug im betrachteten Segment und für den aktuellen Zeitschritt berechnet. Die Formel zur Berechnung der Geschwindigkeit ohne Stau im nächsten Abschnitt ist in Abb. 17 wiedergegeben.

Abb. 16: Schema des DYNEMO-Verfahrens

⊙ Pro Zeitschritt:

- Ermittlung der Fahrzeuganzahl pro Segment
- Berechnung der Dichte im Segment
- Auslesen der Gleichgewichtsgeschwindigkeit in der Dichte (Plus Streuung bei geringen Dichten)
- Zuweisen der Geschwindigkeiten zu den Fahrzeugen
- Bewegen der Fahrzeuge

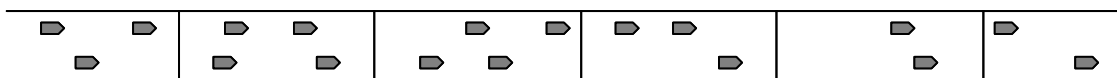
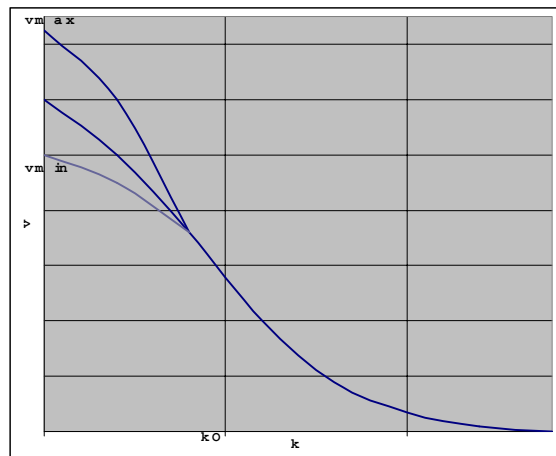


Abb. 17: Berechnung der Fahrzeuggeschwindigkeiten im Segment

⊙ **Bewegen eines Fahrzeugs ohne Stau in nächsten Abschnitt**

$$\hat{v}_i^{j+1}(vw) = \begin{cases} v_{ui}^j + \frac{vw - v_{\min}}{v_{\max} - v_{\min}} (v_{oi}^j - v_{ui}^j), & k_j < k_o \\ v_{ui}^j, & k_j \geq k_o \end{cases}$$

v_{ui} : minimale Geschwindigkeit im Abschnitt
 v_{oi} : maximale Geschwindigkeit im Abschnitt
 v_{\min} : minimale Wunschgeschwindigkeit im Abschnitt
 v_{\max} : maximale Wunschgeschwindigkeit im Abschnitt

Abb. 18: Angleichung der Geschwindigkeiten mit Reaktion auf den Folgeabschnitt

⊙ **Antizipation eines Fahrzeugs ohne Stau in nächsten Abschnitt**

$$\hat{v}_{Fz}^{j+1}(vw) = \left(1 - \frac{x}{\Delta x}\right) v_i^{j+1}(vw) + \frac{x}{\Delta x} v_{i+1}^{j+1}(vw)$$

⊙ **Bewegen eines Fahrzeugs mit Stau in nächsten Abschnitt**

$$\hat{v}_{Fz}^{j+1}(vw) = \left(1 - \frac{x}{\Delta x}\right) v_i^{j+1}(vw) + 0 \quad x_{\max}^{j+1} = \frac{k_i}{k_{\max}} \Delta x$$

Damit ist einerseits eine Möglichkeit geschaffen, in einem Netzmodell Einzelentscheidungen abzubilden und insbesondere Steuerungen zu ermitteln, die oftmals aussagekräftiger sind für die Qualität einer Route als Mittelwerte.

Das Modell wurde zur Simulation der Wirkungsweise der Netzsteuerungsanlage Rhein-Main und Rhein-Ruhr eingesetzt.

Variablen:

- Reisezeiten,
- Streuungen von Reisezeiten
- Adaption von mikroskopischen Routenentscheidungen
- Beschreibung Dichte-Fluss-Zusammenhang über streckenbez. Fundamentaldiagramme
- Energieverbrauch
- Emissionen

Vorteile:

- Simulationsmodellartig genaue Abbildung des Verkehrsablaufs
- Streuungen pro Kante und Route ermittelbar
- Einzelfahrzeugentscheidungen modellierbar
- Rückstau und Abflussbeschränkungen realitätsnah wiedergegeben

Nachteile:

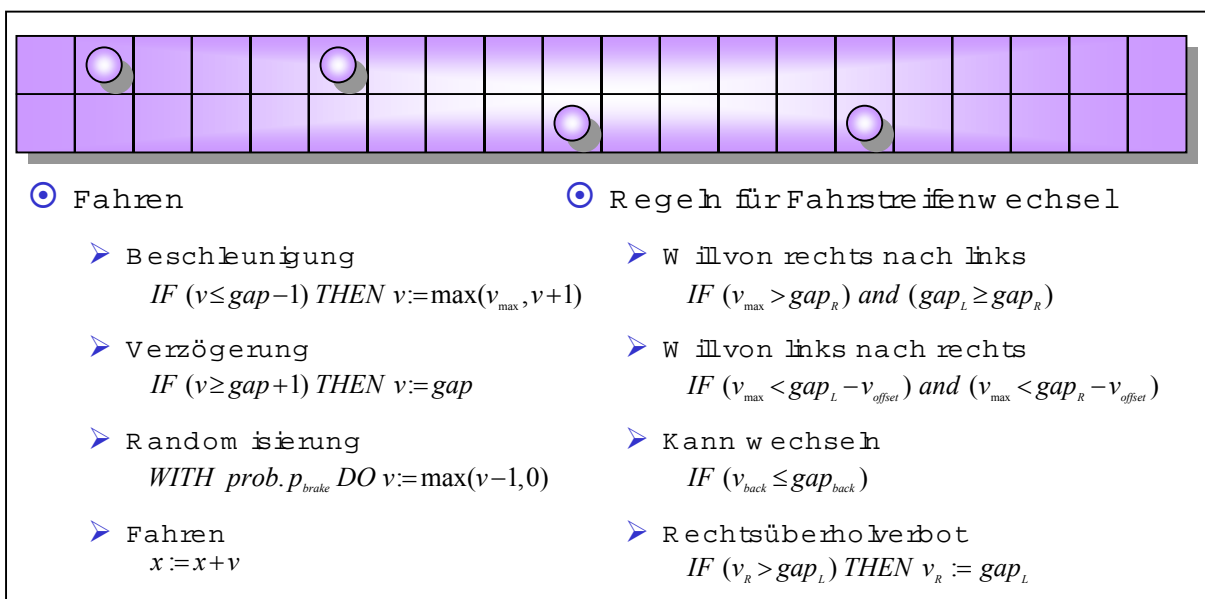
- Routen werden im statischen Fall vorgegeben; damit hängt eine Ausweichentscheidung im Falle eines Staus von den Vorgaben des Modellierers ab
- In der dynamisierten Variante wird ebenfalls auf der Basis der aktuellen Belastung eine Optimalroute berechnet, womit auch hier eine vollständige Kenntnis vorausgesetzt wird.
- Für jedes Segment muss eine passende v-k-Beziehung ermittelt und vorgegeben werden, was einen erheblichen Aufwand bei der Datenversorgung ergeben kann
- Routensuche setzt Netzkenntnis voraus

Zelluläre Automaten (CA)

Zelluläre Automaten stellen eine mikroskopische Verkehrsablaufssimulationsform dar, die auf einem sehr einfachen Algorithmus basieren und Verkehrsabläufe aus makroskopischer Sicht zutreffend beschreiben können.

Zelluläre Automaten realisieren einen sehr einfachen Regelkatalog, mit dem sie sich fortbewegen, auf ihre Umgebung reagieren und Fahrstreifenwechsel vollziehen.

Abb. 19: Modell der zellulären Automaten



Sowohl die Strecken wie auch die Zeit wird diskretisiert und Fahrzeuge belegen immer eine ganze Zelle (Lkw ein Vielfaches). Damit ist die Zellengrösse weitgehend festgelegt und bewegt sich in der Grössenordnung einer Fahrzeuglänge plus des üblichen Abstandes im Stillstand. Durch die Diskretisierung wird nun nur noch mit den ganzzahligen Einheiten der Zellen gerechnet, v und gap sind Zellenwerte. Damit können zelluläre Automaten auch nur diskrete Geschwindigkeiten annehmen.

Verfeinerungen des Modellansatzes mit Antizipation der Geschwindigkeit des vorausfahrenden Fahrzeugs beispielsweise existieren.

Variablen:

- Reisezeiten
- Streuungen von Reisezeiten
- Adaption von mikroskopischen Routenentscheidungen

Vorteile:

- Mikroskopische Beschreibungsvariablen können den Fahrzeugen mitgegeben werden; insbesondere Entscheidungsmodelle lassen sich so verwirklichen.
- Auswertungen möglich, die Einzelfahrzeugdaten benötigen

Nachteile:

- Die mikroskopischen Details sind nicht ausreichend, um Fahrzeugbewegungen korrekt wiederzugeben (Geschwindigkeit in diskreten Stufen abgebildet, Beschleunigungswerte zwischen den einzelnen Geschwindigkeitsstufen gehen gegen unendlich)

Angewandt werden die Modelle im Rahmen von Zustandsanalysen für Duisburg und aktuell zur Ermittlung des Zustands und einer Kurzzeitprognose für das Gebiet des Bundeslandes Nordrhein-Westfalen.

Fazit

Dynamische Netzmodelle versuchen den Verkehrsablauf und die Belastungsverteilung durch sehr unterschiedliche Ansätze zu erreichen. Dies wird als Voraussetzung für weitere Evaluierungsverfahren angesehen. Nachfragemodellierungen sind in allen Fällen extern.

Verkehrsfluss-Simulationsmodelle

Ebenfalls jüngeren Datums sind stochastische Simulationsmodelle zur Simulation des Verkehrsflusses mit zeitdiskreten fahrzeugfeinen oder fahrzeugpulkbasierten Werkzeugen. Bislang ist der Haupteinsatzzweck dieser Art von Werkzeugen die Überprüfung von Steuerprogrammen von Lichtsignalanlagen oder deren Koordinierung. Der typische Einsatzbereich ist eine begrenzte Anzahl von Kreuzungen mit den zugehörigen Strassenzügen. Sie sind recht weit ausgereift und bieten eine deutlich bessere Genauigkeit bei der zeitlichen und räumlichen Auflösung als konventionelle Umlegungsmodelle. Da es sich um reine Netzmodelle handelt, ist keine Rückkoppelung auf die Ebene der Verkehrsteilnehmer möglich sofern es über die aktuelle Fahraufgabe hinausgeht. Bei der Umlegung treten die gleichen Probleme auf wie bei den klassischen Umlegungsmodellen. Ein typischer Vertreter dieser Kategorie ist VISSIM.

Variablen:

- Fahrzeugtypische Kenngrössen (z.B. Fahrzeugart, Beschleunigungsvermögen, Motorleistung, Gewicht)
- Nachfragetypische Kenngrössen (z.B. Routenbelastungen, Wunschgeschwindigkeiten)
- Netz- und Regelungsdetails

Vorteile:

- Ausgereift in Bezug auf die Abbildung der Dynamik von Verkehrsflüssen
- Relativ hohe Genauigkeit bez. zeitlicher und räumlicher Auflösung des Verkehrsflusses

Nachteile:

- Reine Netzmodelle, ohne Koppelung mit der Nachfrageebene, soweit dies über die aktuelle Fahraufgabe hinausgeht; nicht geeignet, bei der Abbildung von Massnahmen, die ihrerseits wiederum Auswirkungen auf die Nachfrage haben.
- Routenwahlalgorithmen ausschliesslich heuristisch oder nach dem Bestwegprinzip (keine Berücksichtigung des unterschiedlichen resp. sich verändernden Kenntnisstands bei den Fahrzeuglenkern).

Nachfragemodelle

Nachfragemodelle bilden die Verkehrsströme zwischen Quell- und Zielorten einer Planungsregion ab auf der Basis von Verhaltensdaten der Bevölkerung, der räumlichen Nutzungsstrukturen und des Verkehrsangebots. Ihre wichtigste Funktion ist die Bereitstellung von Zukunftsprognosen und –szenarien, d.h. sie liefern die Grundlagen für Wirkungsanalysen, Bewertungen und Umweltverträglichkeitsprüfungen. Zu unterscheiden sind dabei:

Hochrechnungen

Die Verkehrsströme werden durch Beobachtungen erhoben und mit Zunahmefaktoren hochgerechnet. Diese Faktoren berücksichtigen vereinfacht die Bevölkerungs- und Arbeitsplatzentwicklung.

Vorteile

- Einfach und transparent
- Geringer Rechenaufwand

Nachteile

- Bei längeren Prognosezeiträumen evtl. sehr ungenau
- Keine Berücksichtigung spezifischer Abhängigkeiten, kein Modal Split

Verkehrsteilungsmodelle (Verkehrsmittelwahlmodelle)

Der Verkehr wird als Ganzes betrachtet. In den sogenannten Modal Split-Modellen oder Verkehrsmittelwahlmodellen werden die Fahrten auf private und öffentliche Verkehrsmittel (in der Regel) aufgeteilt.

Vorteile

- Noch relativ einfach, wenig Eingabedaten
- Kurze Rechenzeiten

Nachteile

- Keine Berücksichtigung kausaler Zusammenhänge
- Evtl. relativ ungenau

Vier-Schritte-Modelle

Das Verkehrsgeschehen wird in die folgenden Teilschritte unterteilt:

- Verkehrserzeugung (Verkehrserzeugungsmodell)
- Verteilung nach Zielen (Zielwahlmodell)
- Teilung nach Verkehrsmitteln (Verkehrsmittelwahlmodell oder Modal Split-Modell)
- Zuteilung auf Routen (Routenwahl- oder Umlegungsmodell)

Vorteile

- Zusammenhänge besser abgebildet als bei den vorgenannten Nachfragemodellen
- Teilmodelle können beliebig geschätzt und verfeinert werden (z.B. nach Fahrtzwecken)

- Genauere Abbildung möglich wie bei den vorgenannten Nachfragemodellen

Nachteile

- Aufwand für Beschaffung der Datengrundlagen (z.B. für Kalibration)

Verhaltensorientierte Individualmodelle

Kritik an den ursprünglichen Vier-Schritte-Modellen führte zur Entwicklung von sogenannten „verhaltensorientierten Individualmodellen“. Diese gehen vom persönlichen Verhalten des einzelnen Verkehrsteilnehmers oder kleinen (verhaltensähnlichen) Personengruppen aus. Die vier Teilmodelle Erzeugung, Verteilung, Teilung und Umlegung können separat oder simultan gerechnet werden (bekannt sind z.B. Modelle, welche die simultane Verteilung und Teilung oder Teilung und Umlegung abbilden)

Vorteile

- Erzeugung der für andere Modelle benötigten Verkehrsbeziehungen, z.B. für dynamische Umlegungsmodelle (vgl. Kap. 8.5.2)
- Dank leistungsfähiger Computer können heute sehr grosse Verkehrsnetze berechnet werden

Nachteile

- das tatsächliche Verkehrsgeschehen wird nur angenähert nachgebildet - mit Hilfe von Algorithmen und teilweise fraglichen Erhebungsdaten (Siedlungsdaten, Verkehrszählungen, Verhaltensdaten etc.)
- Die Verfahrensgenauigkeit ist nicht hinreichend, um die für VSM-Massnahmen erforderliche Detaillierung und Auflösung zu erlauben
- Entscheidungsmodelle auf individueller Basis sind nicht umsetzbar

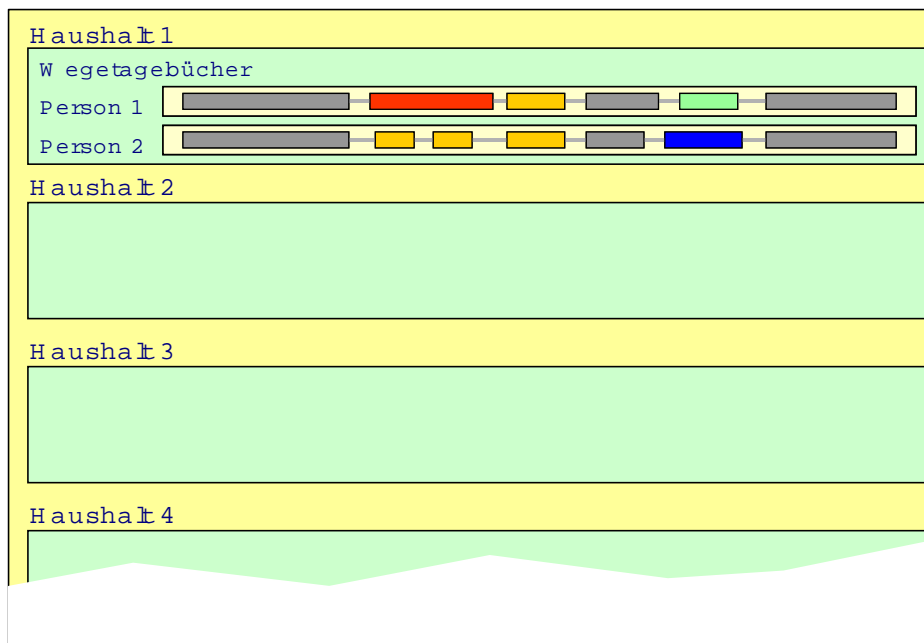
Variablen:

- Widerstände (Reisezeiten, Kosten)
- Soziodemographische Daten

Mikroskopische Nachfragemodelle

In Haushaltsbefragungen werden Tagesaktivitäten von Personen detailliert und zusammenhängend erfasst. Mikroskopische Nachfragemodelle nutzen diesen vorhandenen Detailreichtum, um ausgehend von einer Klassifizierung der zugehörigen Personen in Kategorien und einer soziodemographischen Beschreibung der Personen im Untersuchungsgebiet die erhobenen Daten hochzurechnen.

Abb. 20: Mikroskopische Nachfragemodelle



Wie Abb. 20 schematisch zeigt, basieren mikroskopische Nachfragemodelle direkt auf den personenfeinen Wegetagebüchern einer Haushaltserhebung. In einer Haushaltserhebung werden (üblicherweise) haushaltsweise Wegetagebücher ausgefüllt. Dabei bedeutet haushaltsweise, dass jede Person eines Haushalts über 10 Jahren ein Wegetagebuch ausfüllt. Die resultierende Datenbank kann nun direkt für eine Simulation in einer Anwendung eingesetzt werden. Dabei werden nur zwei unterschiedliche Verfahren unterschieden:

1. die Hochrechnung auf der Basis von Einzelpersonen und
2. die Hochrechnung auf der Basis des Haushaltskontextes

Für die Hochrechnung auf Personenbasis wird der Haushaltskontext aufgegeben und die erhobene mikroskopische Datenbasis wird anhand ihrer erhobenen Personenmerkmale auf die vorliegenden sozio-demographischen Merkmale der Personen im Untersuchungsgebiet hochgerechnet. Die Hochrechnung auf Haushaltsbasis ist hingegen etwas schwieriger, da hier die Personen im Haushaltskontext verbleiben und daher eine grössere Datenbank erfordern. Dafür ist die Konsistenz der generierten Daten besser.

In der mikroskopischen Simulation müssen nur die räumlich bezogenen Daten aus dem Wegetagebuch gelöscht werden, damit eine Übertragung auf ein Untersuchungsgebiet möglich ist. Zu den räumlich bezogenen Daten gehören vor allem Verkehrsmittel und Fahrtauern.

Variablen:

- Personenbezogene Aktivitätsketten im Haushaltskontext
- Soziodemographische Personen- und Haushaltsdaten pro Modellzone
- mikroskopische Verhaltensvariablen
- kausale mikroskopische Entscheidungsmodelle z.B. für die Verkehrsmittelwahl

Vorteile:

- Damit stehen auch im Nachfragesegment mikroskopische, d.h., personenfeine Daten zur Verfügung, die es erlauben, Individualentscheidungen zu formulieren und abzubilden.

Nachteile:

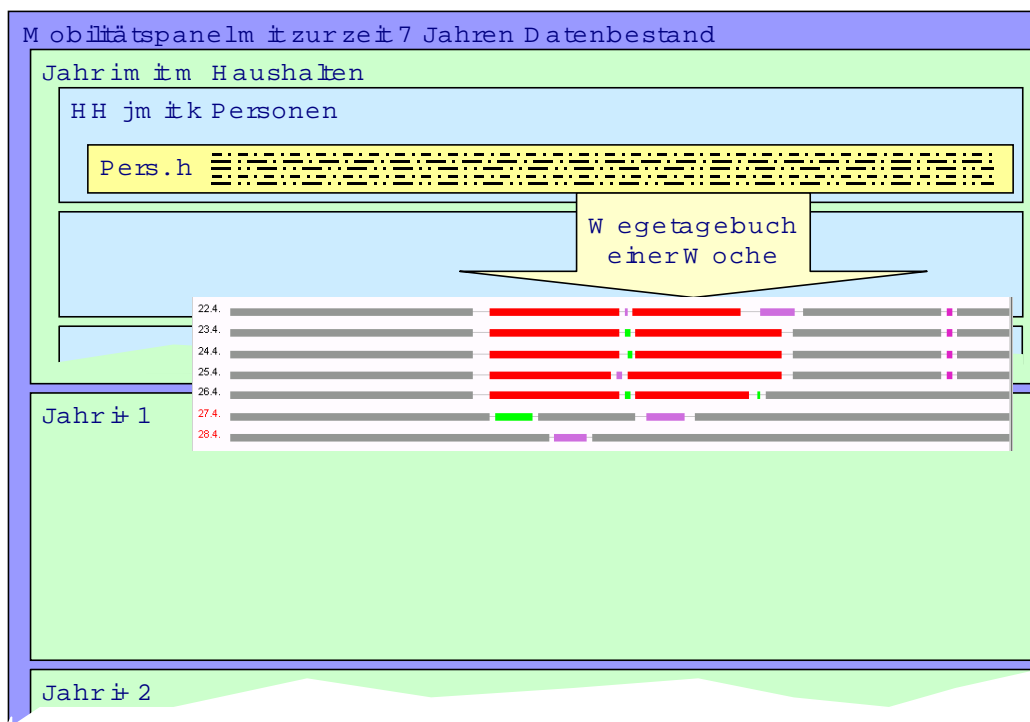
- Bislang bieten diese Modelle jedoch aufgrund ihrer stichprobenartigen Datengrundlage nicht hinreichend Sicherheit in Bezug auf die durch die VSM-Massnahmen erzeugten Veränderungen.

Mikroskopische Nachfragemodelle auf der Basis des Deutschen Mobilitätspanels mit Verhaltensvariation

Eine Weiterentwicklung der mikroskopischen Nachfragemodelle stellt der Einsatz des Deutschen Mobilitätspanels anstelle querschnittsbasierter Haushaltsbefragungen dar. Das Deutsche Mobilitätspanel stellt eine weltweit einmalige Datenbasis eines Mobilitätspanels mit inzwischen über 10-jährigem Datenbestand dar. Damit ist eine Hochrechnung nach dem oben beschriebenen Muster möglich, da durch die sehr grosse Datenbasis eine geringere Wiederholungsrate und eine bessere Erreichbarkeit auch seltener soziodemographischer Haushaltszusammenstellungen möglich ist.

Zudem bietet das Panel Mobilitätsdaten über eine ganze Woche, die eine umfassendere Mobilitätsbeschreibung erlauben. Im Rahmen weiterer Untersuchungen wurden die Daten um Planungsdaten ergänzt, die es erlauben, die Variation in der Mobilitätsplanung auch ohne Einfluss von VSM zu beschreiben.

Abb. 21: Deutsches Mobilitätspanel



Im Deutschen Mobilitätspanel wird eine ganze Woche über Wegetagebücher für jede Person eines Haushalts erfasst. Für das Programmsystem mobiTopp wird analog zur oben beschriebenen mikroskopischen Nachfragesimulation eine Datenbasis zur Hochrechnung auf Haushaltsbasis erzeugt, die von dem erhobenen raumbezogenen Kontext befreit wird. Dafür erhält man eine Datenbasis, die Mobilitätsvariationen über eine Woche aufzeigt. Die Generierung auf Haushaltsbasis wurde hier umgesetzt, da das Mobilitätspanel inzwischen über einen Datenbestand von 10 Erhebungsjahren und über 15'000 Personenwochen verfügt.

Zusätzlich wurde erstmalig eine Datenbasis erstellt, die zeigt, wie Personen auf Störungen reagieren. In einer aufwendigen Erhebung wurden Mobilitätsplanungen und anschliessend realisierte Aktivitäten zusammen mit den Störungsgründen für auftretende Abweichungen festgehalten. Damit ist erstmals ein Modell möglich, das Störungen und zugehörige Reaktionsbandbreiten auf einer Datengrundlage ermöglicht.

Abb. 22: Erhobene geplante Mobilität einer Person über 14 Tage

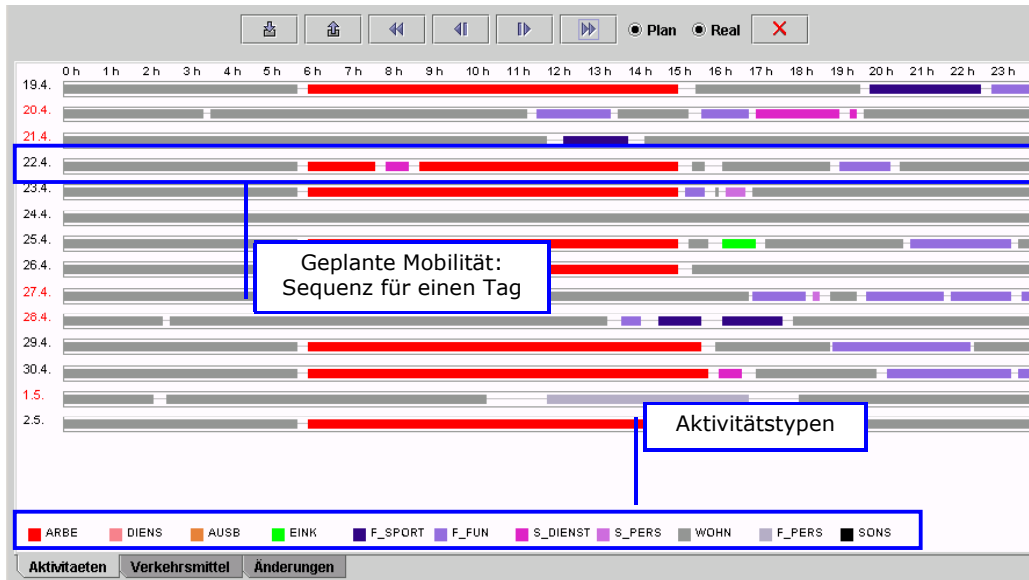
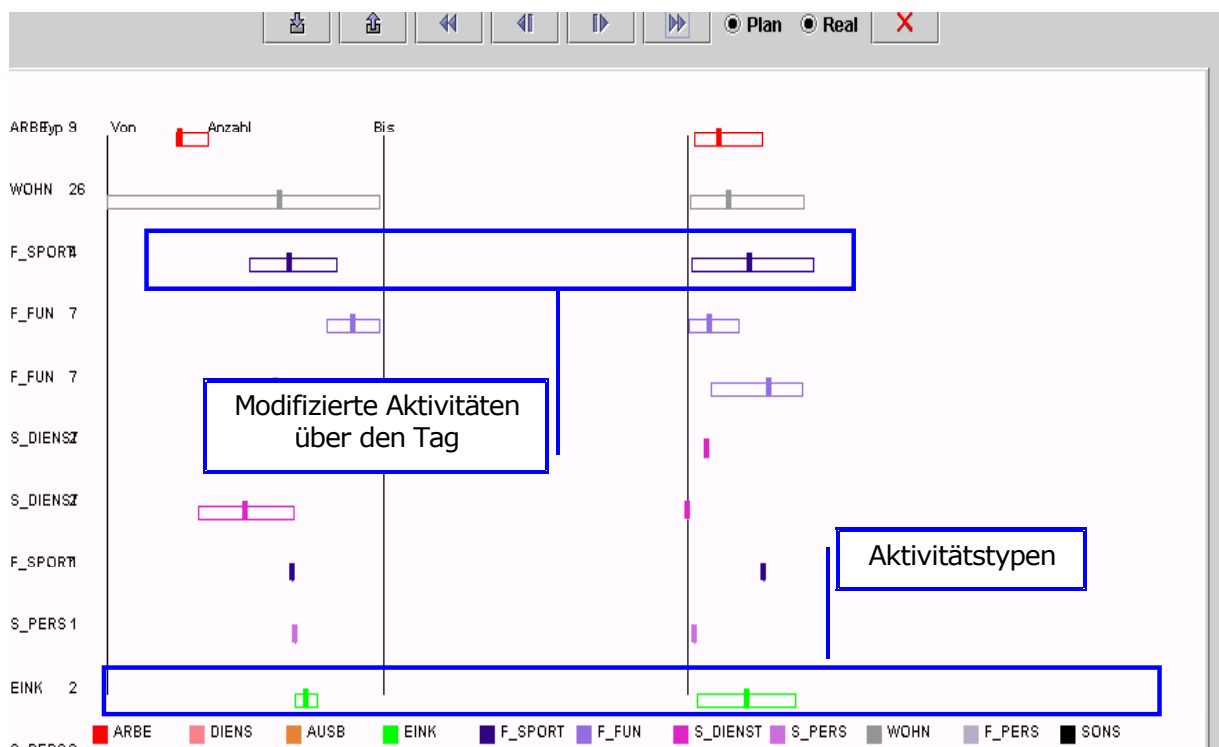
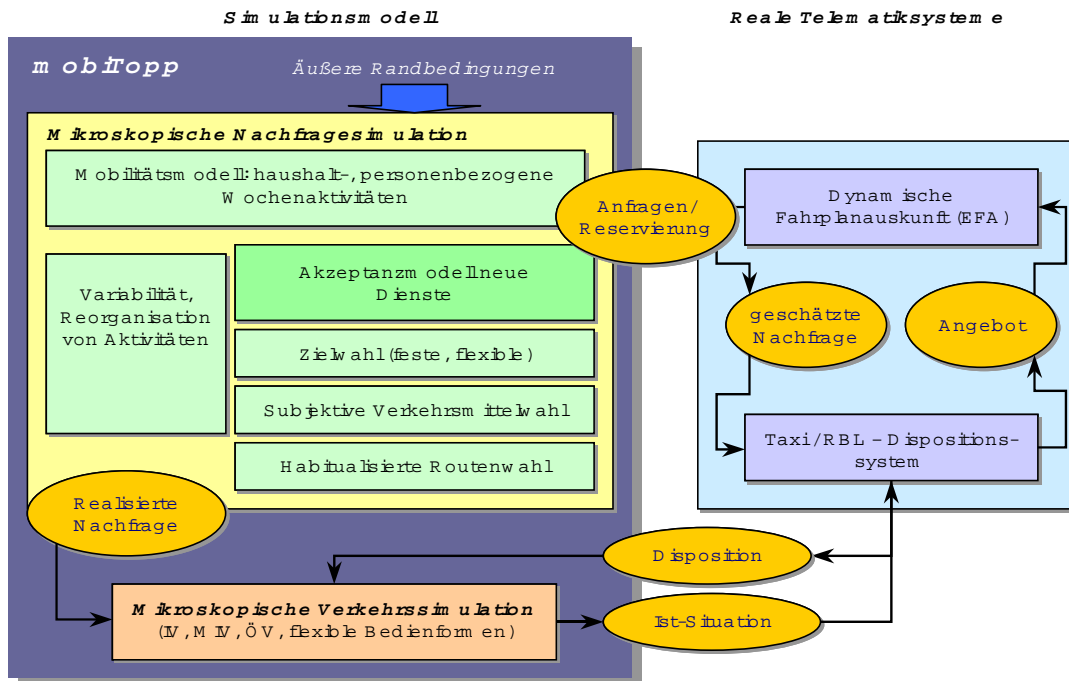


Abb. 23: Resultierende Variationen zwischen geplanter und realisierter Mobilität



Damit wird ein Werkzeug geschaffen, das in der Lage ist, die Wirkung von Telematikdiensten vorab zu evaluieren.

Abb. 24: Schema des Modells mobiTopp (Simulation von ÖPNV-Telematikwirkungen)



Wie in Abb. 24 zu sehen ist, ist hier ein mikroskopisches Nachfragesimulationsmodell mit einem Verkehrsablaufssimulationsmodell direkt gekoppelt und mit Schnittstellen mit realen Telematiksystemen verbunden, die auch so in der Praxis zum Einsatz kommen sollen. Die simulierten Personen können die Dienste anfragen, Buchungen vornehmen und werden durch flexible Bedienformen durch das Dispositionssystem bedient. Der Verkehrsablauf wird durch ein mikroskopisches Verkehrsablaufmodell simuliert.

Variablen:

- Personenbezogene Aktivitätsketten im Haushaltskontext
- Soziodemographische Personen- und Haushaltsdaten pro Modellzone
- mikroskopische Verhaltensvariablen
- kausale mikroskopische Entscheidungsmodelle z.B. für die Verkehrsmittelwahl

Vorteile:

- Der Übergang von geplanten Mobilitäten zu realisierten Mobilitäten und der Erfassung von Störungsgründen und –häufigkeiten stellt eine erhebliche Verbesserung zur tatsächlichen Erfassung der Wirkungen unterschiedlichster Verhaltenssituationen dar.

Nachteile:

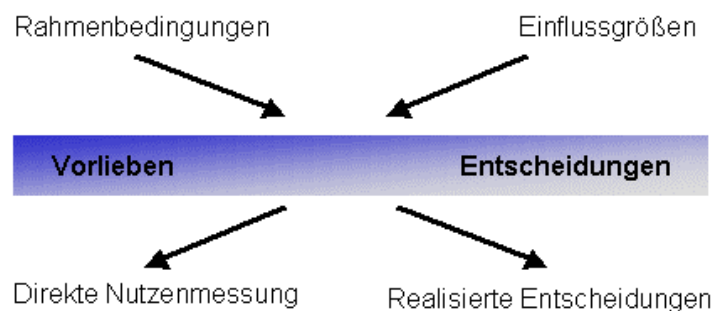
- Die Verfahren befinden sich noch im Entwicklungsstadium
- Bislang nur als Prototyp eingesetzt

Befragungsverfahren

Stated Preferences

„stated responses“ als Mittel der Datenerhebung dienen dem Ziel, die Reaktion von Menschen auf bestimmte mögliche Veränderungen in ihrer Umgebung zu bestimmen. Unter einer Auswahl sich unterscheidender Möglichkeiten von Massnahmen zur Erreichung bzw. Durchsetzung von Veränderungen in einem beabsichtigten Sinne wird eine Stichprobe der Zielgruppe auf ihre Verhaltensweisen hin getestet. Zu diesem Zweck werden Befragungen durchgeführt.

Abb. 25: Verhaltensannahmen der Direkten Nutzenmessung¹⁵



Dabei lassen sich verschiedene Einflüsse auf die Entscheidung des Befragten, wie in obiger Abbildung dargestellt, folgendermassen gliedern:

- Die Entscheidungssituation wird in drei Dimensionen beschrieben:
Anzahl und Art der vorgegebenen Alternativen (z.B. Urlaubsziele, Ticketklassen, Verkehrsmittel), Auswahl und Anzahl der Einflussgrößen einer Alternative (z.B. Art, Preis, Geschwindigkeit, Verlässlichkeit) und Anzahl und Wert der Ausprägungen einer Einflussgrösse.
- Die Randbedingungen einer Befragung müssen fest vorgegeben sein und sollten unter anderem auf folgende wichtige Elemente eingehen:
Zeitpunkt (Uhrzeit, Datum, Jahreszeit), verfügbare Ressourcen (PKW-Verfügbarkeit, finanzielle Mittel, Haltestellennähe), sozialer Kontext (Wegezweck, Anzahl der mitreisenden Personen, zeitliche und inhaltliche Verpflichtungen), biografischer Kontext (Position im Lebenszyklus, Lebensstil), Verfügbarkeit von Entscheidungsalternativen und Informationsstand über dieselben.

¹⁵ Quelle: Kay A. Axhausen – „Was sind die Methoden der Direkten Nutzenmessung, Conjoint Analysis oder Stated Preferences“ – Strassenverkehrstechnik 5/95 – Seite 210 (veränderte Darstellung) Abschnitt nach IVT Institut für Verkehrsplanung, Transporttechnik, Strassen- und Eisenbahnbau, ETH Zürich; „stated responses“: Überblick, Grenzen, Möglichkeiten; April 2001

Eine Klassifikation von „stated responses“-Verfahren in vier Varianten, wie sie Lee Gosselin vorgenommen hat, ist in Abb. 26 dargestellt. Unterschiede in den Varianten bilden sich dadurch aus, dass sowohl die Entscheidungssituation und Randbedingungen als auch die konkreten Alternativen vom Befragenden vorgegeben oder zu erfassen sind.

Abb. 26: Klassifikation der „stated responses“-Verfahren nach Lee Gosselin¹⁶

		Entscheidungssituationen und Randbedingungen	
		vorgegeben	zu erfassen
Alternativen	vorgegeben	<p>„stated preferences“ (SP-Verfahren)</p> <p>Beispiel: Was würden Sie tun, wenn ... ?</p>	<p>„stated tolerances“</p> <p>Beispiel: Unter welchen Umständen würden Sie Folgendes tun?</p>
	zu erfassen	<p>„stated adaptation“</p> <p>Beispiele: Was würden Sie anders machen, wenn ... ? Wie würden Sie sich entscheiden, wenn ... ?</p>	<p>„stated prospect“</p> <p>Beispiel: Unter welchen Umständen würden Sie etwas anders machen und wenn, wie?</p>

1. **„stated tolerances“** – Gewinnung von Schwellwerten und kritischen Preisen:

-Alternativen sind vorgegeben, Entscheidungssituationen und Randbedingungen zu erfassen-

Bezweckt wird die Ermittlung von Schwellwerten, bei denen die befragten Personen zu Verhaltensänderungen bewegt werden können. Des weiteren wird dieses Verfahren eingesetzt zur Bestimmung des Wertes eines Gutes bzw. des kritischen Preises (transfer pricing).

Das Verfahren findet meist nur Anwendung bei einleitenden Fragen zur Gewinnung von Ausgangswerten für weiterführende Fragen, da die Konkretisierung von Schwellwerten und kritischen Preisen den Befragten häufig Schwierigkeiten bereitet.

¹⁶ Quelle: IVT Institut für Verkehrsplanung, Transporttechnik, Strassen- und Eisenbahnbau, ETH Zürich; „stated responses“: Überblick, Grenzen, Möglichkeiten; April 2001; Seite 6 (veränderte Darstellung)

2. „stated adaptation“

-Alternativen sind zu erfassen, Entscheidungssituationen und Randbedingungen vorgegeben-

Anwendung hat dieser Verfahrenstyp v.a. in Planspielen gefunden. Es werden Situationen vorgestellt, in die sich die befragte Person hineindenken soll und, aus der Vorstellung sich darin zu befinden, seine Entscheidung angeben soll. Da dieses Verfahren hohe Ansprüche an den Befragten stellt, können oft nur wenige Situationen pro Person abgefragt werden.

3. „stated prospect“

-Alternativen sind zu erfassen, Entscheidungssituationen und Randbedingungen zu erfassen-

Dieses Verfahren verlangt vom Befragenden einen hohen zeitlichen Einsatz pro Befragungsperson, da nur Einzel- und Gruppengespräche eine Diskussion über mögliche Alternativen und Entscheidungssituation zulassen.

4. „stated preferences“

-Alternativen sind zu erfassen, Entscheidungssituationen und Randbedingungen vorgegeben-

Die Befragungsperson wird in eine Entscheidungssituation versetzt, in der sie aus einer vorgegebenen Auswahl von vorgegeben alternativen Verhaltensweisen zu entscheiden hat.

Dabei unterscheidet man zwei unterschiedliche Methoden der Alternativenbewertung:

- „stated ranking“:
Bestimmung der Wertigkeit von Alternativen unter Angabe einer Reihenfolge
- „stated choice“:
Entscheidung für ausschliesslich eine Alternative aus der vorgegebenen Auswahl

Variablen:

- Vom Befragungskonzept abhängig
- Prinzipiell beliebig flexibel, nur durch Befragungsumfang beschränkt

Vorteile:

- Prinzipiell beliebig komplexe Sachverhalte und gewünschte Variablen in Befragung behandelbar
- Befragungskonzept verhältnismässig rasch umsetzbar

Nachteile:

- Meist nur qualitative Zusammenhänge darstellbar.
- Die quantitative Verwertbarkeit ist durch die begrenzten Möglichkeiten, neue Hilfsmittel und Massnahmen (VSM) in reale Entscheidungssituationen einzublenden, deutlich eingeschränkt.

Revealed Preferences

Erfassung der gewählten Entscheidungen bei gleichzeitiger Erfassung der vorhandenen Alternativen ist eine der besten Möglichkeiten, Grundlagen für Modelle zu schaffen. Dies setzt jedoch voraus, dass einerseits die Grössen objektiv erhoben werden können und die Entscheidungen in realen Situationen getroffen werden können. Gerade im Vorfeld der Untersuchung neuer Verfahren setzt dies voraus, dass mindestens eine prototypische Umsetzung existiert und diese von einer hinreichenden Anzahl von Personen im täglichen Leben genutzt werden können.

Variablen:

- Prinzipiell nicht beschränkt

Vorteile:

- Praktisch wirkungsvollste Methode, Veränderungen aufgrund neuer Möglichkeiten zu erfassen

Nachteile:

- In den seltensten Fällen praktisch umsetzbar
- Prototypen sind in den meisten Fällen sehr aufwendig und weisen trotzdem meist nur eingeschränkt nutzbaren Charakter auf