



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK  
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC  
Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni DATEC

**Bundesamt für Strassen**  
**Office fédéral des routes**  
**Ufficio federale delle Strade**

# Vernetzung von HLS- und HVS-Steuerungen

**Coordination between traffic control systems of the motorway network (HLS) and secondary transport network (HVS)**

**Gestion coordonnée du trafic sur les routes à grands débits (RGD) et sur les routes principales (RP)**

**B+S AG, Bern**  
**Walter Schaufelberger**  
**Remo Schwarz**

**Forschungsauftrag SVI 2007/018 auf Antrag der  
Vereinigung Schweizerischer Verkehrsingenieure (SVI)**

**Dezember 2012**

**1403**

Der Inhalt dieses Berichtes verpflichtet nur den (die) vom Bundesamt für Strassen beauftragten Autor(en). Dies gilt nicht für das Formular 3 "Projektabschluss", welches die Meinung der Begleitkommission darstellt und deshalb nur diese verpflichtet.

Bezug: Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)

Le contenu de ce rapport n'engage que l' (les) auteur(s) mandaté(s) par l'Office fédéral des routes. Cela ne s'applique pas au formulaire 3 "Clôture du projet", qui représente l'avis de la commission de suivi et qui n'engage que cette dernière.

Diffusion : Association suisse des professionnels de la route et des transports (VSS)

Il contenuto di questo rapporto impegna solamente l' (gli) autore(i) designato(i) dall'Ufficio federale delle strade. Ciò non vale per il modulo 3 «conclusione del progetto» che esprime l'opinione della commissione d'accompagnamento e pertanto impegna soltanto questa.

Ordinazione: Associazione svizzera dei professionisti della strada e dei trasporti (VSS)

The content of this report engages only the author(s) commissioned by the Federal Roads Office. This does not apply to Form 3 'Project Conclusion' which presents the view of the monitoring committee.

Distribution: Swiss Association of Road and Transportation Experts (VSS)



# Vernetzung von HLS- und HVS-Steuerungen

**Coordination between traffic control systems of the motorway network (HLS) and secondary transport network (HVS)**

**Gestion coordonnée du trafic sur les routes à grands débits (RGD) et sur les routes principales (RP)**

**B+S AG, Bern  
Walter Schaufelberger  
Remo Schwarz**

**Forschungsauftrag SVI 2007/018 auf Antrag der  
Vereinigung Schweizerischer Verkehrsingenieure (SVI)**

## Impressum

### **Forschungsstelle und Projektteam**

**Projektleitung**

Walter Schaufelberger

**Mitglieder**

Remo Schwarz

### **Begleitkommission**

**Präsident**

Dr. Arnd König, Volkswirtschaftsdirektion Kanton Zürich, Amt für Verkehr

**Mitglieder**

Ernst Berger, ehemals Verkehrsbetriebe Zürich VBZ

Ruedi Häfliger, Metron Verkehrsplanung AG

Joos Bernhard, Stadt Zürich, Dienstabteilung Verkehr

Viktor Ruch, Tiefbauamt des Kantons Bern

Patrick Maillard, Robert-Grandpierre et Rapp SA

Patric Jegge, Bundesamt für Strassen (ASTRA)

Dr. Nikolaus Bischofberger, Volkswirtschaftsdirektion Kanton Zürich, Amt für Verkehr

### **Antragsteller**

Vereinigung Schweizerischer Verkehrsingenieure (SVI)

### **Bezugsquelle**

Das Dokument kann kostenlos von <http://www.mobilityplatform.ch> herunter geladen werden.

# Inhaltsverzeichnis

	<b>Impressum</b> .....	<b>4</b>
	<b>Inhaltsverzeichnis</b> .....	<b>5</b>
	<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>7</b>
	<b>Résumé</b> .....	<b>9</b>
	<b>Summary</b> .....	<b>11</b>
<b>1</b>	<b>Ausgangslage</b> .....	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>Ziele und Nutzen der Forschungsarbeit</b> .....	<b>15</b>
2.1	Ziele .....	15
2.2	Nutzen und erwartete Resultate .....	15
<b>3</b>	<b>Vorgehen und Methodik</b> .....	<b>16</b>
<b>4</b>	<b>Strukturierung und Abgrenzung der Aufgabenstellung</b> .....	<b>17</b>
4.1	Übersicht .....	17
4.2	Ausgangsproblem .....	17
4.3	Perimeter .....	19
4.4	Ziele .....	19
4.5	Massnahmen .....	20
4.6	Umsetzung .....	20
<b>5</b>	<b>Grundlagen</b> .....	<b>21</b>
5.1	Einleitung .....	21
5.2	Forschungen und Fachartikel .....	21
5.2.1	Forschung von SVI und VSS .....	21
5.2.2	Weitere Forschung .....	23
5.2.3	Artikel aus Fachzeitschriften .....	24
5.3	Normen und Richtlinien .....	25
5.4	Anwendungen und Pilotprojekte .....	26
<b>6</b>	<b>Typisierung von Sekundärknoten und Verkehrsmanagement-Massnahmen</b> .....	<b>28</b>
6.1	Sekundärknoten .....	28
6.2	Massnahmen des Verkehrsmanagements .....	30
<b>7</b>	<b>Anforderungen der Netzbetreiber an eine abgestimmte Steuerung</b> .....	<b>32</b>
7.1	Anforderungen und Interessen .....	32
7.2	Konflikte .....	33
<b>8</b>	<b>Leitsätze und Prioritätenregelung</b> .....	<b>34</b>
8.1	Erfahrung aus Pilotprojekten .....	34
8.1.1	ASTRA VM-CH .....	34
8.1.2	Integriertes Verkehrsmanagement (IVM) Zürich .....	35
8.1.3	Pilotprojekt A1 Region Baden-Wettingen .....	36
8.1.4	Verkehrsmanagement Region Bern .....	38
8.1.5	Fazit .....	38
8.2	Vorschlag allgemeingültiger Leitsätze und Prioritäten .....	40
8.2.1	Leitsätze und Handlungsgrundsätze .....	40
8.2.2	Konflikte und Prioritäten .....	42
8.3	Definition von Schwellenwerten als Grundlage für die Anwendung von Steuerungsmassnahmen .....	43
8.4	Wirkungsgefüge .....	44
<b>9</b>	<b>Überprüfung am Fallbeispiel VM Bern Nord</b> .....	<b>46</b>
9.1	Einleitung .....	46
9.2	Analyse Ist-Zustand .....	47
9.3	Angestrebter Zielzustand .....	48
9.4	Anwendung der Leitsätze und Handlungsgrundsätze .....	49
9.5	Betrachtung von personenbezogenen Verlustzeiten bei netzweiten Überlastungen .....	55
9.6	Möglichkeit von baulichen Anpassungen .....	57
9.7	Fazit und Rückschlüsse .....	58
<b>10</b>	<b>Aspekte der Umsetzung</b> .....	<b>61</b>
10.1	Technische Ausrüstung .....	61
10.2	Organisatorische Aspekte .....	62
10.3	Bauliche Anpassungen bei der Anwendung von Massnahmen .....	64

10.3.1	Übersicht .....	64
10.3.2	Bauliche Anpassungen im Einzelnen .....	65
10.4	Politische Umsetzung .....	68
<b>11</b>	<b>Folgerungen und Empfehlungen .....</b>	<b>69</b>
	<b>Anhänge.....</b>	<b>71</b>
	<b>Abkürzungen .....</b>	<b>82</b>
	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>83</b>
	<b>Projektabschluss .....</b>	<b>85</b>
	<b>Verzeichnis der Berichte und Forschung im Strassenwesen.....</b>	<b>88</b>
	<b>SVI-Publikationsliste .....</b>	<b>91</b>

## Zusammenfassung

Die Hochleistungsstrassen (HLS) im Bereich der Schweizer Agglomerationen sind stark ausgelastet und in Spitzenzeiten zum Teil überlastet. Es besteht das Interesse, den Verkehrsfluss möglichst immer aufrechtzuerhalten. Auf dem untergeordneten Strassennetz besteht die Zielsetzung, den Verkehrsfluss in Spitzenzeiten insbesondere im Hinblick auf die Fahrplaneinhaltung des strassengebundenen öffentlichen Verkehrs zu gewährleisten.

Eine verstärkte Koordinierung der beiden Netze (HLS und HVS) ist dringend erforderlich. Das vorliegende Forschungsvorhaben soll für Netzverantwortliche und Planer Lösungsvorschläge hinsichtlich einer besseren Koordination der beiden Netze aufzeigen. Dazu werden auf der planerisch-organisatorischen Ebene Regeln und auf der betrieblichen und technischen Ebene entsprechende Massnahmen vorgeschlagen.

In einem ersten Schritt wurden bereits vorhandene konzeptionelle Ansätze für eine bessere Abstimmung der beiden Netze untersucht. Dazu wurden die folgenden Projekte ausgewertet: ASTRA VM-CH, Integriertes Verkehrsmanagement (IVM) Zürich, Pilotprojekt A1 Baden-Wettingen und Verkehrsmanagement Region Bern. Allen Projekten ist gemeinsam, dass mittels Leitsätzen die Stossrichtung festgelegt wird, wie mit der Verkehrsnachfrage bei Überlastungen auf der HLS und/oder HVS umgegangen werden soll. In Handlungsgrundsätzen werden die Leitsätze als Grundlage für das operative Verkehrsmanagement mit konkretem Bezug auf die Verkehrsmittel und die Prioritätenregelung bei Zielkonflikten konkretisiert.

Aus der vorliegenden Forschungsarbeit resultieren zusammenfassend die folgenden Leitsätze:

- Gewährleistung Verkehrssicherheit
- Sicherstellung des Verkehrsflusses auf der HLS
- Gewährleistung zuverlässiger Verkehrsfluss MIV auf untergeordnetem Netz unter Berücksichtigung der Anforderungen des Langsamverkehrs
- Fahrplaneinhaltung und Gewährleistung der Anschlüsse im Öffentlichen Verkehr
- Schutz von Siedlungs- und Zentrumsgebieten mit Mischverkehr MIV/ÖV/LV
- Netzhierarchiegerechte Abwicklung der Verkehrsnachfrage

Für die Anwendung dieser Leitsätze und Handlungsgrundsätze gilt das folgende Wirkungsgefüge:

Permanente Erfassung von Verkehrsdaten auf HLS und HVS → Abgleich mit vordefinierten Schwellenwerten → Ableiten eines bestimmten Belastungsfalles (Auslastung von HLS und HVS) → je nach Fall Auslösen von Massnahmen des Verkehrsmanagements unter Berücksichtigung von Leitsätzen und definierten Prioritäten.

Dieses theoretische Gerüst wurde am Beispiel Verkehrsmanagement Region Bern, Teilgebiet Bern Nord, angewendet und kritisch hinterfragt. Daraus und auch aus der restlichen Forschung lassen sich folgendes Fazit und folgende Empfehlungen formulieren:

- Die Steuerung an der Schnittstelle HLS-HVS (Sekundärknoten) im städtischen Bereich oder in der Agglomeration kann nicht räumlich isoliert betrachtet werden, sondern muss in eine Gebietslösung (z.B. Korridor) integriert werden. Dies insbesondere deshalb, weil die Auswirkungen der Steuerungsmassnahmen häufig nicht auf den Anschlussbereich beschränkt bleiben.
- Schnittstellen HLS-HVS bzw. die entsprechenden Teilnetze lassen sich besser aufeinander abstimmen, indem für die Steuerungsmassnahmen ein Regelwerk bestehend aus Leitsätzen und konkretisierenden Handlungsgrundsätzen definiert wird. Handlungsgrundsätze, welche die Grundlage für das operative Verkehrsmanagement sind,

definieren auch, wie mit Interessenskonflikten umgegangen wird. Eine spezielle Herausforderung stellt die Festlegung von widerspruchsfreien Leitsätzen dar. Im Rahmen dieser Arbeit wurde eine Auslegeordnung von Ansätzen vorgenommen, auf welcher Netzbetreiber aufbauen können. Je nach örtlichen Verhältnissen und politischen Vorgaben können diese Ansätze angepasst bzw. weiterentwickelt werden.

- Auf dem hoch ausgelasteten Strassennetz im städtischen Bereich wie auch in der Agglomeration können hinsichtlich einer optimierten Gesamtleistungsfähigkeit zwei Kernleitsätze herausgestellt werden: Einerseits die Wichtigkeit eines möglichst lange aufrechtzuerhaltenden Verkehrsflusses auf der HLS, andererseits die Fahrplaneinhaltung und Anschlusssicherung beim strassengebundenen öffentlichen Verkehr, welche auch planerisch durch bauliche Verbesserungen unterstützt werden sollte. Als Grundlage für die Auslösung von Massnahmen muss auf den Teilnetzen der Verkehrszustand permanent ermittelt werden. Dazu müssen möglichst einfach erfassbare Messgrössen und eindeutige Schwellenwerte definiert werden, bei deren Überschreitung entsprechende Massnahmen ausgelöst werden.
- Interessenskonflikte stellen sich auf der Massnahmenebene, nicht auf der Zielebene. Es können zwei Arten unterschieden werden: Konflikte durch angestrebte Verkehrsverlagerungen zwischen den Teilnetzen bei netzweiter hoher Auslastung an der Grenze zur Überlastung. Hier ist eine Prioritätenregelung notwendig. Konflikte durch unerwünschte lokal begrenzte Auswirkungen einer Dosierungsmassnahme wie z.B. Verlagerungsverkehr. Diese können durch bauliche Massnahmen wie auch netzweite Gesamtkonzepte gemildert werden.
- Auf städtischem Gebiet wie auch in der Agglomeration ist der Spielraum für eine Verkehrslenkung zwischen den Teilnetzen bei einer hohen Auslastung beider Teilnetze relativ gering. Insbesondere das Ableiten von Verkehr von der HLS auf das untergeordnete Netz ist von den Mengen- und Kapazitätsverhältnissen her kaum möglich. Die Priorisierung des strassengebundenen öffentlichen Verkehrs auch mit unterstützenden baulichen Massnahmen ist effizient (Minimierung von personenbezogenen Verlustzeiten), die Anschlusssicherung systemrelevant.
- Daraus kann (für Städte und Agglomerationen) die folgende Strategie bei Überlastung des Gesamtnetzes abgeleitet werden: ÖV durch möglichst umfangreiche bauliche und betriebliche Massnahmen vom MIV entflechten (permanente Priorisierung). HLS gegenüber HVS priorisieren, auf HVS Stauräume in möglichst wenig empfindlichen Bereichen schaffen und diese planerisch sicherstellen.
- Der Hauptnutzen einer solchermaßen koordinierten Steuerung liegt in den Bereichen Verminderung Zeitkosten, Erhöhung der Zuverlässigkeit des Verkehrssystems und verminderten Unfallkosten.
- Bei der organisatorischen Bewältigung der Steuerungsaufgabe an Schnittstellen bieten sich zwei Modelle an, wobei eine verstärkte Koordination zwischen den Netzbetreibern unabhängig davon notwendig ist: einerseits zwei Leitzentralen, welche auf einem gemeinsamen Regelwerk basierende Massnahmen auf ihrem Teilnetz (HLS und HVS) anordnen mit einem entsprechend hohen Informations- und Koordinationsaufwand. Als zweite Möglichkeit die Schaffung einer neuen regionalen Leitzentrale, welche auf die Verkehrsdaten der teilnetzbezogenen Leitzentralen zurückgreift, die Massnahmen jedoch zentral für das Gesamtnetz anordnen.
- Nicht zuletzt aufgrund der Realisierungskosten bietet sich sowohl betreffend Perimeter wie auch technischer Ausrüstung eine etappierte Umsetzung an. Bei der Umsetzung von regionalen Konzepten wirken unter anderem bei der Finanzierung die fehlende regionale Organisationseinheit (Gemeinden, keine Agglomerationsbehörde) und die entsprechenden vielfältigen Eigentumsverhältnisse erschwerend. Dazu kommt, dass Massnahmenangriffspunkt, Nutzen und Auswirkungen nicht symmetrisch auf alle Beteiligten verteilt sind.

## Résumé

Dans les agglomérations suisses, les routes à grands débits (RGD) sont fortement chargées, voir surchargées aux heures de pointe. Pour la stabilité de l'ensemble, il est important de garder le plus souvent possible, une certaine fluidité sur ce réseau. Sur le réseau secondaire, dans les secteurs où les transports publics évoluent en site mixte avec le trafic routier, il est impératif de garantir une bonne stabilité de l'horaire des TP. Une coordination renforcée des deux niveaux (RGD et RP) est absolument nécessaire.

Le présent projet de recherche fait des propositions destinées aux responsables de l'exploitation et aux planificateurs dans le but de promouvoir une meilleure coordination entre ces deux réseaux. Les mesures proposées peuvent être liées à des aspects de planification, d'organisation, d'exploitation ou à des aspects techniques.

Dans un premier temps, on a étudié les éléments et les concepts d'optimisation déjà existants. Pour ce faire, on a pris en considération les projets suivants: OFROU VM-CH, gestion intégrée du trafic (IVM) Zürich, projet pilote A1 Baden-Wettingen et la gestion du trafic pour la région de Berne. Pour chacun de ces projets, les principes communs de gestion de trafic en cas de surcharge des réseaux RGD/ RP ont été définis. Pour les besoins de la gestion opérationnelle du trafic, les principes de base ont ensuite été concrétisés en plans d'action pour les différents modes de déplacement comme pour les situations conflictuelles.

En résumé, l'étude conduit aux principes suivants:

- garantir la sécurité,
- maintenir une circulation la plus fluide possible sur le réseau RGD,
- garantir le flux de trafic du TIM sur le réseau secondaire en tenant compte des exigences du trafic MD,
- garantir la stabilité de l'horaire et des correspondances des transports publics,
- protéger les zones d'habitation et les centres urbains avec la mixité du trafic TIM/TP/MD,
- gérer la demande de trafic conformément à la hiérarchie du réseau.

L'utilisation des principes et des plans d'action se déroule selon le processus suivant: récolte permanente des données de trafic sur les réseaux RGD/ RP → comparaison de ces données avec des valeurs de référence → déduction d'un cas de charge prédéfini (charge de trafic sur les réseaux RGD et RP) → selon les cas, déclenchement de mesures de gestion de trafic basées sur les principes et les priorités.

Une application théorique de ce processus a été conceptualisée et discutée entre les différents responsables du projet pilote sur la gestion du trafic dans la région de Berne. A partir de ces résultats et aussi du reste de la recherche, on peut déduire les conclusions et faire les recommandations suivantes:

- La gestion de l'interface RGD-RP dans le secteur des villes ou des agglomérations ne peut pas être considérée de manière isolée mais doit prendre en considération une approche plus globale comme par exemple pour un secteur (corridor). Ceci est particulièrement important, car les effets des mesures de gestion se répercutent au delà de la simple interface.
- Pour une gestion optimale des interfaces RGD-RP, il s'agit de mettre en place un outil de décision logique dans lequel les principes et les plans d'action sont définis et peuvent interagir en temps réel. Les plans d'action, qui sont la base de la gestion opérationnelle du trafic, définissent aussi comment sont traités les intérêts en cas de conflit. La difficulté réside en effet lorsque les principes sont contradictoires. Ce travail a identifié les principes de gestion applicables par les opérateurs de gestion des réseaux. En fonction des comportements locaux et des objectifs politiques spécifiques, il sera possible de modifier et/ou de les développer dans le futur.

- Lorsque le réseau des villes et/ou des agglomérations sont surchargés, il est possible, dans le sens d'une optimisation globale, de définir deux principes fondamentaux. Le premier est de garder le plus longtemps possible, une certaine fluidité sur le réseau RGD. Le deuxième est de garantir la stabilité des horaires des transports publics routiers et des correspondances. Pour ce faire, il est opportun de mettre en place des mesures d'infrastructure spécifiques (p.ex. voies bus, etc.). Pour appliquer les principes définis de manière efficace et conformes à la réalité, l'état du réseau doit être mesuré en permanence. De plus, des indicateurs clés et des valeurs seuils doivent être clairement définis afin que les mesures de gestion puissent être mises en œuvre au moment opportun.
- Les conflits d'intérêts se situent au niveau des mesures à mettre en place et non au niveau des objectifs. On peut distinguer deux cas de figure. Les conflits qui apparaissent lorsque les deux réseaux sont très chargés et quand les décisions de gestion conduisent à un report de charge d'un réseau à l'autre. Dans ce cas de figure il est important de définir les priorités. Les conflits qui apparaissent lorsque des mesures ponctuelles de dosage de trafic conduisent à des reports de charge à des endroits non souhaités. Ces effets peuvent être réduits par des mesures d'aménagement comme par une approche globale des réseaux.
- Dans le secteur des villes comme dans celui des agglomérations et lorsque les deux réseaux sont saturés, les possibilités de réorienter le trafic sont faibles. En particulier, les mesures de déviation du trafic des RGD sur le réseau secondaire RP sont pour des raisons de quantité de trafic comme de capacité difficilement réalisables en pratique. La priorisation des transports publics routiers avec des mesures d'aménagement est par contre efficace (perte de temps minimum au niveau des utilisateurs), ces mesures doivent permettre de garantir systématiquement les correspondances.
- A partir de là et lorsque le réseau est saturé, (pour les villes et les agglomérations) on peut définir les stratégies générales suivantes: Séparation/ priorisation du trafic public routier par rapport au TIM à l'aide de mesures d'infrastructure et d'exploitation; priorisation du RGD par rapport au RP; conception et planification des aires de stationnement/ stockage dans des endroits peu sensibles du réseau RP.
- Les effets principaux d'une gestion coordonnée dans ce secteur sont: la diminution des temps d'attente; l'augmentation de la fiabilité des systèmes de transport et la réduction du nombre d'accidents.
- Bien qu'une coordination accrue entre les opérateurs des réseaux soit de tout façon nécessaire, deux modèles distincts d'organisation sont envisageables pour la mise en place de ce système de gestion. Une première possibilité avec deux centrales de gestion opérant sur la base d'un modèle de régulation commun qui sont responsables de gérer leur propre réseau (RGD et RP) tout en garantissant la coordination et l'échange permanent d'information. Une deuxième possibilité consistant en la création d'une nouvelle centrale régionale ayant accès aux données de chacune des centrales et qui met en place des mesures pour l'ensemble des réseaux de façon centralisée.
- Enfin, en raison du périmètre en question, des coûts importants de mise en œuvre et des aspects techniques, une réalisation par étapes doit être prévue. Pour la mise en œuvre des concepts régionaux, se posent entre autres, la question des responsabilités et du financement. L'absence d'organisation régionale (communes, pas d'organes décisionnels au niveau de l'agglomération) le nombre important de propriétaires et de responsables, rendent une mise en œuvre compliquée. De plus, l'utilité et les effets des mesures ne se répartissent pas uniformément entre les différents acteurs.

## Summary

The motorway network (HLS) around Swiss agglomerations is heavily used and during peak hours partly reaches capacity. To alleviate this, traffic flow must be optimised. For the secondary transport network (HVS), scheduled timetables for the road based public transport system assumes a high level of traffic flow, motivating the increased coordination between HLS and HVS.

This research provides information for road operators and transport planners pursuing an improved coordination between networks (HLS and HVS). For this purpose, recommendations are made for the type of principles on the planning-managing level and of measures on the operational-technical level.

As a first step, available conceptual approaches for better coordination are analysed. To this end the following projects were examined: national traffic management (ASTRA VM-CH), integrated traffic management (IVM Zurich), pilot project A1 Baden-Wettingen and traffic management Berne. All of these have in common, that guiding principles define the direction of impact on how to deal with travel demand due to congestion on both the motorway and/or secondary network. Within specific guidelines these guiding principles are further defined in detail. They finally serve as the basis for the decision making progress of the operational traffic management, addressing particularly different modes of transport and the prioritisation system along conflicting interests.

The guiding principles resulting from this study are summarised below:

- Assurance of road safety
- Maintenance of -traffic flow on the motorway network
- Providing reliable traffic flow of motorised transport on the secondary transport network by considering the needs of non-motorised-transport
- Guarantee reliable information on travel time and connections
- Protection of settlement zones and city centres with mixed traffic (motorised transport, public transport, non-motorised-transport)
- Accommodating travel demand justifying and meeting the standard of each road category

The implementation of these guiding principles is based on the following structure: Permanent detection of traffic on HLS and HVS → Comparison with predefined thresholds → Derivation of a specific congestion level (traffic volume on HLS and HVS) → Depending on the situation, activating measures of traffic management considering the guiding principles and defined priorities.

This theoretical framework was applied and critically analysed within the project traffic management Berne (area Berne North). As a result and due to further research, the following conclusions and recommendations can be made:

- Controlling traffic at the interface of HLS-HVS in urban areas or agglomerations needs to be viewed from an area-wide perspective. Its integration into a spatially stretched corridor is very important since it will not only influence motorway accesses but the neighbouring transport network as well.
- HLS-HVS interfaces with respect to adequate subnets could be better synchronised if there were applicable regulations for control measures (including guiding principles and specified guidelines). The traffic management operations are based on guidelines which define how to handle conflicting interests. A challenge is to define consistent guiding principles. In this study an overview of approaches are given on which road operators can base their decisions on. These approaches are open to be further developed in relation to the local and political situation.

- Two major principles are crucial regarding an optimisation of the overall capacity for the highly occupied transport network in urban areas and agglomerations: On the one hand, the importance of keeping traffic flow on motorways stable as long as possible and on the other hand to guarantee adherence to schedule and connections for the road-based public transport. This must be supported through planned infrastructure improvements. The traffic state of subnets needs to be constantly monitored before activating measures. Therefore traffic data (simple to collect) and clear thresholds need to be defined so that in case of network saturation measures can be implemented.
- Conflicting interests occur not within the decision making process but within the operational process of implementing measures. There are two different types of conflicts: Conflicts based on pursued shift of volumes between subnets with an area-wide level of working to capacity, almost reaching capacity. Hence prioritisation is necessary. Conflicts based on unintended impacts due to metering e.g. turnout traffic. These conflicts can be alleviated by constructional measures as well as by master concepts.
- There is little scope for traffic management of transport networks in urban areas and agglomerations when their subnets work to capacity. Especially routing traffic from the motorways to the secondary network is hardly possible since the overall volume is too high. Prioritisation of road-based public transport is efficient, even with additional construction (minimisation of individual-related time loss), and providing connections is important for the system.
- This leads to the following strategy (for cities and agglomerations): Separating public transport from individual motorised transport by implementing constructional and operational measures (permanent prioritisation). Prioritisation of HLS traffic towards HVS traffic, providing areas of tailback in noncritical segments.
- The main benefit of such a coordinated traffic control system is reduction of time-costs, improvement of the reliability of the transport network and decline of accident costs.
- Two models present an option for the management and accomplishment of controlling traffic throughout interfaces. Regardless of the model, improved coordination is needed between the road operators. The first approach includes two traffic control centres which both apply the same regulations and activate measures on their particular subnet (HLS and HVS) due to this. This approach requires an increased effort on information flow and coordination. Another way is to set up a new regional traffic control centre which draws on the data given by the control centres of the subnets, but implements measures centrally for the overall network.
- Not least because of the implementation costs (regarding the perimeter and the technical equipment), it is seen best to divide the implementation into stages. The implementation of a regional concept is aggravated by the fact that an organisational unit is missing (no authority of agglomeration) and that ownership situations differ. Moreover, the focus of certain measures, benefits and impacts are not evenly distributed for all parties.

# 1 Ausgangslage

Die Hochleistungsstrassen (HLS) im Bereich schweizerischer Städte und Wirtschaftszentren sind stark ausgelastet und in Spitzenzeiten zum Teil überlastet. Auch weisen sie durchwegs einen hohen Anteil an regionalem und lokalem Ziel- und Quellverkehr auf und stehen daher in enger Wechselwirkung mit den städtischen, den regionalen und lokalen Hauptverkehrsstrassen (HVS) und städtischen Einfallachsen. Um den Verkehrszusammenbruch im ganzen Verkehrsnetz eines Ballungsraumes zu vermeiden, besteht das grosse Interesse, den Verkehrsfluss auf der Nationalstrasse stets aufrechtzuerhalten und Stausituationen mit grösseren Zeitverlusten zu verhindern oder möglichst lange hinauszuzögern. Verkehrsüberlastungen auf den HLS und der daraus resultierende Ausweich- oder Umleitungsverkehr erhöhen den Verkehrsdruck auf die HVS.

Wirksame Massnahmen im Verkehrsmanagement zur Aufrechterhaltung des Verkehrsflusses auf der HLS sind nebst der Verkehrsleitung und Verkehrslenkung auf den Autobahnen vor allem die Zuflussdosierung der Einfahrten und die Abflussmaximierung über die Ausfahrten mit dem Ziel, Rückstau auf die durchgehende HLS-Fahrbahn zu vermeiden.

Das HVS-Netz in diesen Ballungsräumen ist in Spitzenzeiten ebenfalls gesättigt und teilweise überlastet. Dabei stellt sich eine analoge Zielsetzung wie auf den Hochleistungsstrassen. Die Aufrechterhaltung des Verkehrsflusses auch in Spitzenzeiten oder im Ereignisfall ist insbesondere im Hinblick auf die Fahrpläneinhaltung bzw. Bevorzugung des strassengebundenen öffentlichen Verkehrs von entscheidender Bedeutung. Konkrete Massnahmen zur Aufrechterhaltung des Verkehrsflusses auf dem untergeordneten bzw. sekundären Strassennetz bzw. zur Aufrechterhaltung des öffentlichen Verkehrs ist die Pfortnerung oder Dosierung des von der Nationalstrasse abfliessenden Verkehrs am Sekundärknoten (bzw. Anschlussknoten) oder die Abflussmaximierung vom untergeordneten Netz auf die Nationalstrasse. Das Problem stellt sich neben den werktäglichen Spitzenstunden vermehrt auch an Samstagen dadurch, dass gerade im Bereich der Autobahnanschlüsse ein hoher Druck seitens verkehrintensiver Verkaufsnutzungen besteht. Die Anforderungen und die Verkehrsmanagementmassnahmen zur Aufrechterhaltung des Verkehrsflusses auf der HLS und der HVS stehen somit im Konflikt zueinander. Insbesondere kommt dies bei der Steuerung der eigentlichen Schnittstelle zwischen der HVS und der HLS, dem Sekundärknoten (erster Knoten nach der Autobahnausfahrt) zum Tragen. Vor allem während der werktäglichen Spitzenstunden oder im Ereignisfall (z.B. Unfälle) auf der HLS treten an den Schnittstellen regelmässig Probleme auf.

Dieser Sekundärknoten ist für die Zu- und Abflussdosierung auf den HLS sowie für den Verkehrsfluss mit ÖV-Priorisierung und den Langsamverkehr auf der HVS von grosser Bedeutung. Doch die Koordination von HLS und HVS ist nach der Einführung des Neuen Finanzausgleichs (NFA) auf Anfang 2008 noch anspruchsvoller geworden. Der Bund trägt neu die Verantwortung für Planung, Bau und Betrieb der Nationalstrassen. Bestandteil des Nationalstrassenperimeters ist auch der Sekundärknoten. Die durchgehende HVS ist im Eigentum des Kantons oder der Stadt. Der Betrieb des Sekundärknotens in Form einer LSA ist oft in die Steuerung der HVS (Verkehrsrechner, Koordination, ÖV-Bevorzugung) integriert.

Die Betriebsformen des Sekundärknotens sind unterschiedlich. Steuerungsmassnahmen sind praktisch nur bei lichtsignalgeregelten Knoten möglich. Bei Kreiseln und unregelmässigen Knoten ist eine Verkehrsbeeinflussung nötig bzw. muss mit Regelungsmassnahmen ergänzt werden. In Abbildung 1 sind die Zuständigkeiten und die sich konkurrierenden Interessen an der Schnittstelle zwischen HLS und HVS dargestellt.

Die Verkehrsmanagementpläne (VMP), die das ASTRA im Rahmen des Projektes Verkehrsmanagement Schweiz (VM-CH) für die Nationalstrassen erarbeitet, sind vor allem auf die Ausnahmesituationen ausgerichtet und sehen überwiegend grossräumige und abgestimmte Massnahmen für Lenken und Informieren und die Stauvermeidung (z.B. bei Unfällen) auf den Nationalstrassen vor. Die Steuerung der Sekundärknoten spielt dabei (mangels praktikabler Regeln und Lösungen) bisher eine untergeordnete Rolle. Die Bearbeitung von Verkehrsmanagementplänen auf dem gemäss Nationalstrassenverordnung definierten HVS-Netz in der Pflicht der Kantone ist in den meisten Kantonen noch ausstehend.

Eine verstärkte Koordinierung der beiden Netze HLS und HVS ist somit dringend erforderlich. Das vorliegende Forschungsvorhaben, welches Teil des Forschungsbündels „Intermodale Verkehrsbeeinflussung“ ist, soll Lösungsvorschläge aufzeigen. Es sind auf der organisatorischen Ebene Regeln sowie auf der betrieblichen und technischen Ebene Massnahmen vorzuschlagen, wie mit diesem Interessenskonflikt umzugehen ist.

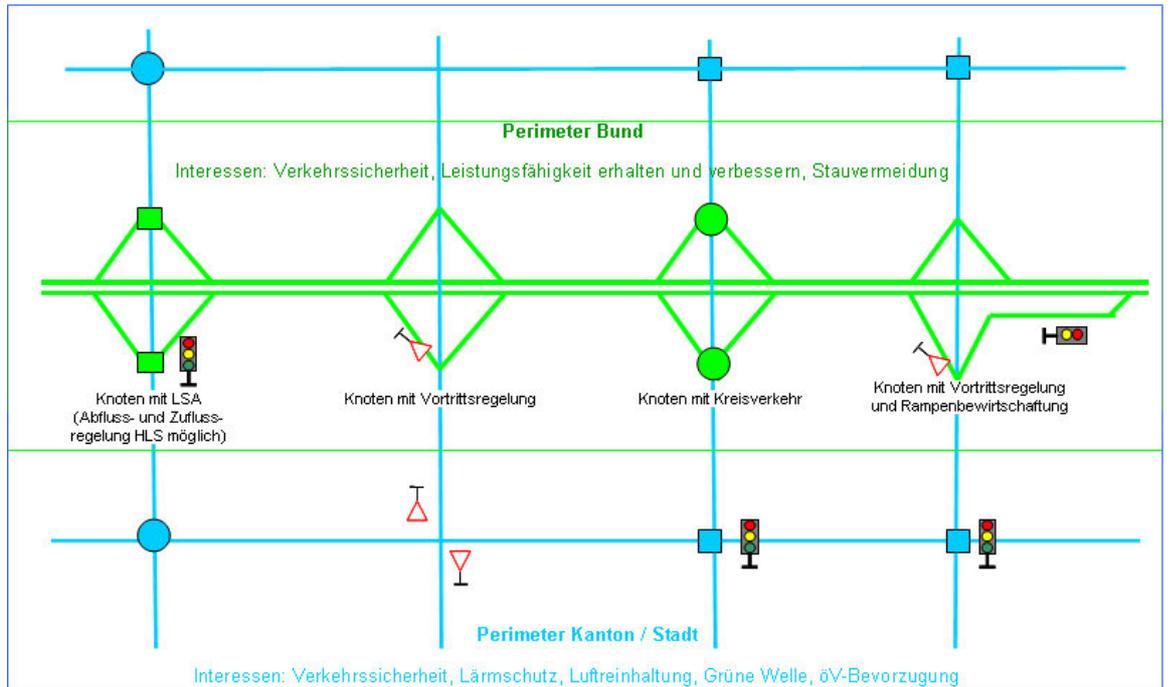


Abb. 1: Zuständigkeiten und sich konkurrierende Interessen an der Schnittstelle zwischen HLS und HVS (bei den Sekundärknoten kann noch unterschieden werden in isolierte Sekundärknoten oder solche, die Teil eines Netzes sind)

## 2 Ziele und Nutzen der Forschungsarbeit

### 2.1 Ziele

In Abgrenzung zu den Verkehrsmanagementplänen fokussiert das vorliegende Forschungsvorhaben auf die Verkehrssteuerung im Regelfall (tägliche Spitzenstunden). Für diesen Regelfall sind Strategien für proaktive und wirksame Steuerungsmassnahmen zur Koordinierung der Netze und Stauvermeidung notwendig und auch möglich, im Ausnahmefall dagegen geht es meist „nur noch“ um Schadensbegrenzung.

Die vorliegende Arbeit verfolgt das Ziel, Regeln zu definieren, mit denen eine koordinierte Steuerung von HLS und HVS unter den oben skizzierten Voraussetzungen entwickelt bzw. umgesetzt werden kann.

Damit soll in der Praxis folgendes gefördert werden:

- Grundsätzlich eine netzübergreifende Optimierung des Verkehrsflusses
- Die Aufrechterhaltung des Verkehrsflusses (d.h. proaktive Stauvermeidung auf den HLS und Aufrechterhaltung ÖV-Priorisierung auf den HVS) bzw. die gezielte Linderung der Auswirkungen im Falle einer Verkehrsüberlastung

### 2.2 Nutzen und erwartete Resultate

Die Forschungsarbeit soll für Strassenbetreiber und Planer Resultate zu folgenden Punkten liefern:

- Hinweise, was für eine abgestimmte Koordinierung von HVS und HLS generell zu beachten ist und welche Schwierigkeiten es zu lösen gilt.
- Vorgehen zur Abstimmung und Abgleich der verkehrlichen Zielsetzung zwischen den Strassenbetreibern und die Festlegung von Schwellenwerten für Steuerungsmassnahmen mit Fokus auf Zielkonflikte, Beurteilungskriterien und fallweisen Prioritäten.
- Empfehlungen für den operativen Betrieb einer koordinierten Steuerung von HLS und HVS. Beschreibung der Anforderungen und Möglichkeiten für die Umsetzung auf Ebene Verkehrsrechner und Verkehrszentrale (verkehrsabhängige Betriebszustände, Verkehrsmanagementpläne).
- Grundsätzliche Möglichkeiten von unterstützenden baulichen Massnahmen

### 3 Vorgehen und Methodik

Das Vorgehen kann grob in vier Phasen gemäss Abbildung 2 unterteilt werden.

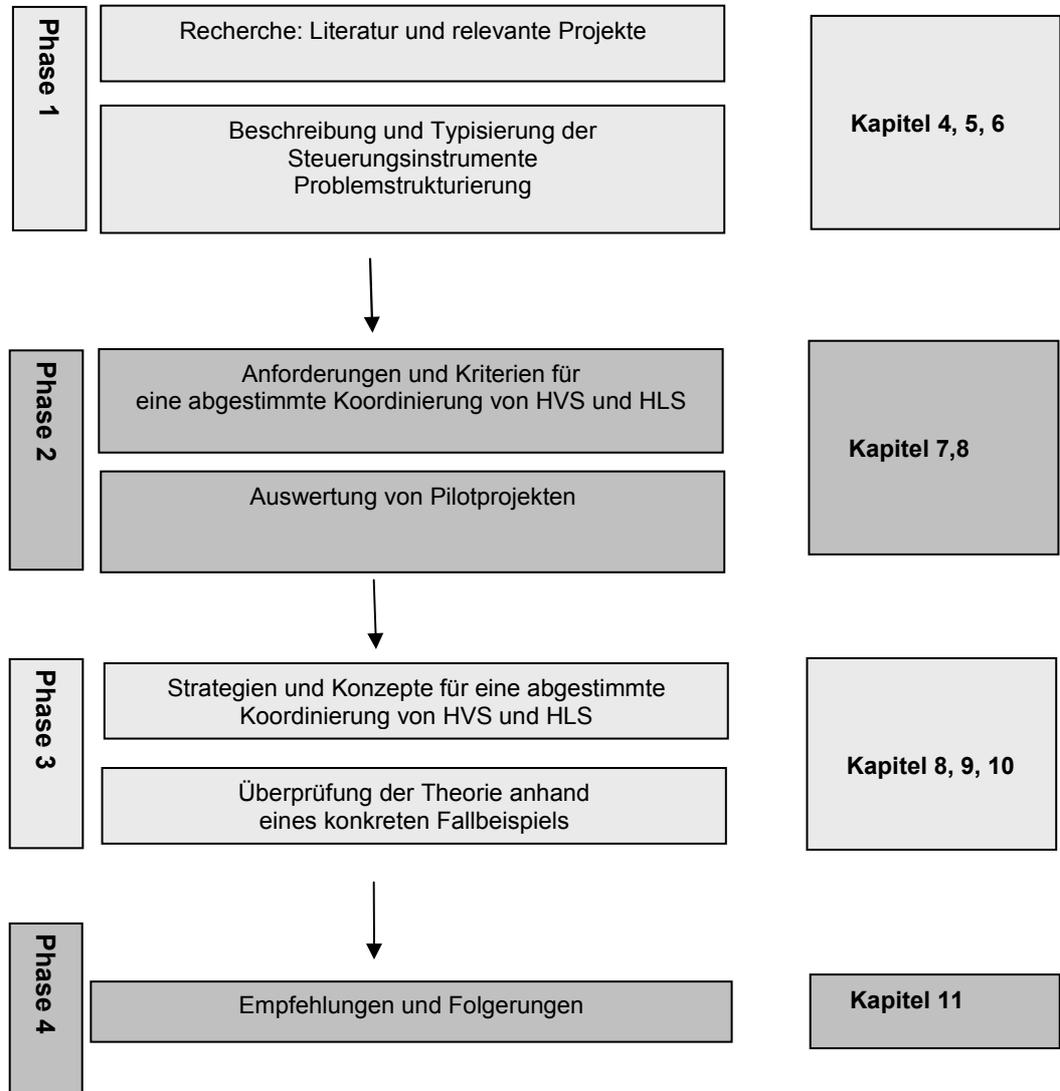


Abb. 2: Vorgehensmethodik

## 4 Strukturierung und Abgrenzung der Aufgabenstellung

### 4.1 Übersicht

Die folgende Übersicht enthält die wesentlichen Themenfelder, welche für diese Arbeit definiert, bearbeitet und abgegrenzt werden müssen. Die nachfolgenden Kapitel enthalten ergänzende Erläuterungen zu den einzelnen Feldern.

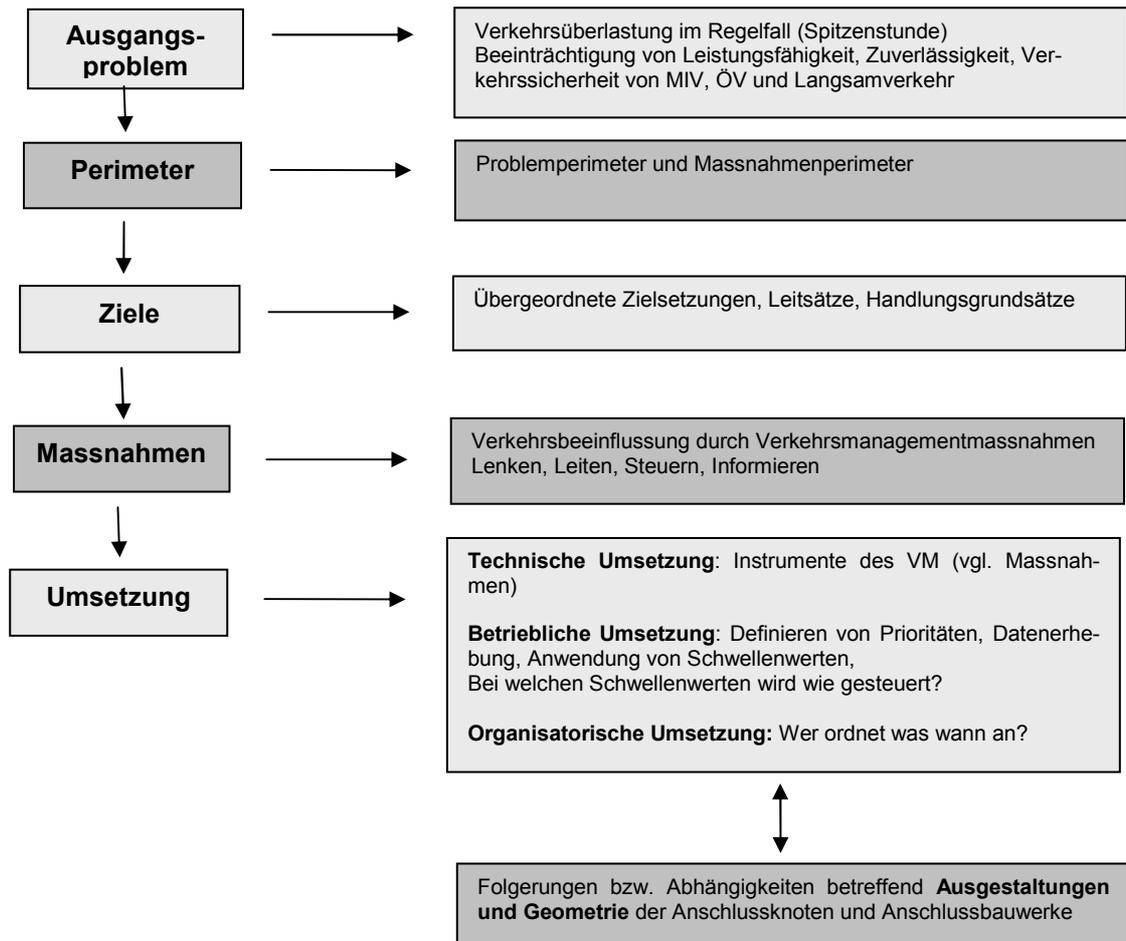


Abb. 3: Übersicht Themen

### 4.2 Ausgangsproblem

Als Ausgangsproblem stellt sich eine Verkehrsüberlastung **im Regelfall** (werktägliche oder samstägliche Spitzenstunde) im Problempерimeter. Als Überlastung gilt im vorliegenden Kontext eine Qualitätsstufe E oder F (Auslastung  $\geq 100\%$ , vgl. Anhang I). Überlastungen im Ereignisfall (Unfälle, Veranstaltungen etc.) sind nicht Teil der Betrachtung. Neben dem MIV und ÖV wird auch der Langsamverkehr (LV) in die Betrachtung miteinbezogen.

Im engeren Bereich eines Anschlusses können in Anlehnung an Zackor 2001 die folgenden Überlastungsfälle abgegrenzt werden (vgl. Abb. 4):

- a) Überschreitung Kapazität Einfahrtsbereich HLS → Rückstaubildung in der Zufahrt und auf der Stammstrecke vor dem Einfahrtsbereich
- b) Überschreitung Kapazität Stammstrecke bzw. des der Einfahrt nachfolgenden Streckenabschnitts → Rückstaubildung in der Zufahrt und auf der Stammstrecke vor dem Einfahrtsbereich
- c) Überschreitung der Kapazität des untergeordneten Strassennetzes (Sekundärknoten oder Nachbarknoten) → Rückstaubildung in der Ausfahrt von der HLS
- d) Überschreitung der Kapazität des Ausfahrtsbereichs → Rückstaubildung auf der Stammstrecke vor dem Ausfahrtsbereich
- e) Überschreitung der Kapazität des Sekundärknotens in Richtung Zufahrt zur HLS → Rückstaubildung auf untergeordnetem Netz
- f) Überschreitung der Kapazität eines Nachbarknotens → Rückstaubildung auf untergeordnetem Netz bis zum Sekundärknoten

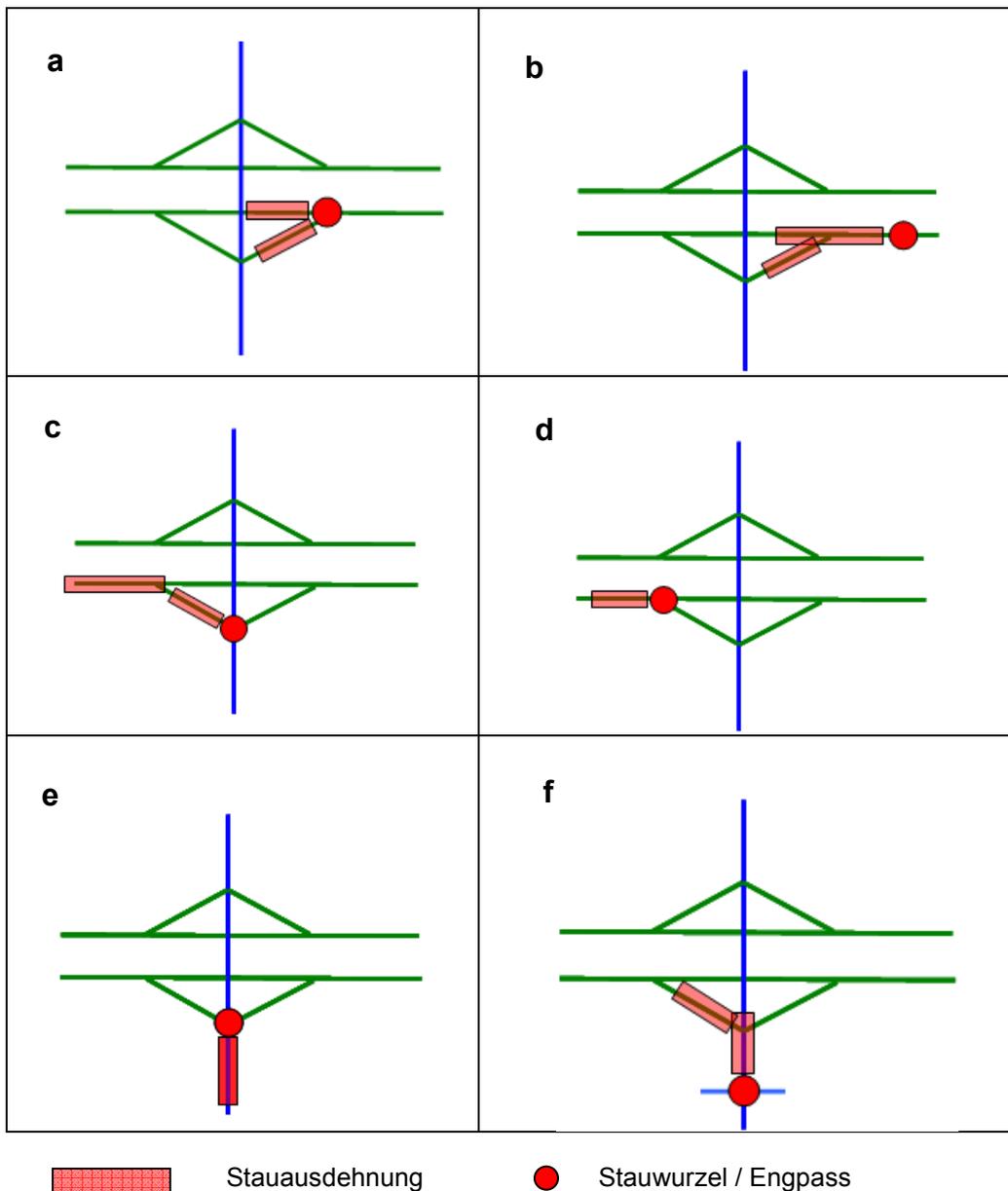


Abb. 4: Überlastungsfälle im Anschlussbereich

### 4.3 Perimeter

Das im Rahmen dieser Forschungsarbeit zu betrachtende Strassennetz besteht aus den Nationalstrassen (Hochleistungsstrassen HLS) und den wichtigen kantonalen, städtischen und kommunalen Hauptverkehrsstrassen (HVS). Das siedlungsorientierte Netz – insbesondere Sammel-, Erschliessungs- und Quartierstrassen – sind nicht Teil der Betrachtung.

Das Strassennetz kann unterschieden werden

- in den Bereich, wo Probleme auftreten können: Problempereimeter (vgl. Kap. 4.2)
- in den Bereich, wo Massnahmen ergriffen werden: Massnahmenperimeter (vgl. Kap. 6.2)

In der vorliegenden Arbeit werden die beiden Perimeter als kongruent betrachtet (ein Betrachtungsperimeter).

Darüber hinaus kann ein sogenannter Beobachtungsperimeter definiert werden. Innerhalb dieses Perimeters werden Verkehrsdaten erfasst, welche als Entscheidungsgrössen in die Massnahmenauslösung innerhalb des Massnahmenperimeters einfließen.

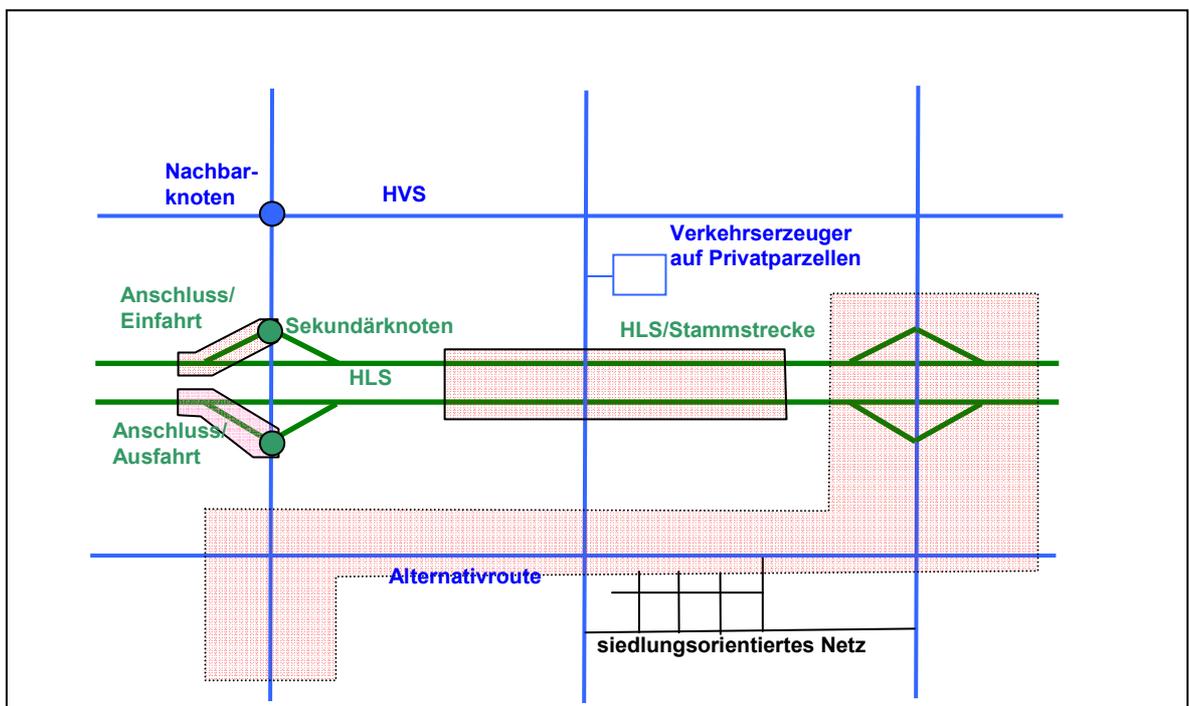


Abb. 5: Betrachtungsperimeter

### 4.4 Ziele

In Kapitel 1 wurde die Ausgangslage beschrieben und darauf hingewiesen, dass bei Überlastungszuständen bei den Netzverantwortlichen zum Teil unterschiedliche Interessen verfolgt werden. Deshalb ist es notwendig, hinsichtlich einer abgestimmten Steuerung des Verkehrs unter allen Beteiligten zu definieren, welche Ziele bei der Anwendung von Massnahmen verfolgt werden sollen und welches die Prioritäten bei Zielkonflikten sind. Dazu muss ein kohärentes Gerüst an Leitsätzen, Handlungsgrundsätzen und Verkehrsmanagementplänen aufgebaut werden, welche definieren, wie auf einen bestimmten Überlastungszustand reagiert werden soll (vgl. Kap. 8.2).

## 4.5 Massnahmen

Wenn im vorliegenden Kontext von der Anwendung von Massnahmen gesprochen wird, so sind in erster Linie Verkehrsmanagement-Massnahmen gemeint, welche den Verkehr lenken, leiten und steuern. Vor dem Hintergrund der angestrebten Ziele und der vorliegenden konkreten örtlichen Situation stellt sich jeweils die Frage, welcher Mix an Massnahmen zum Einsatz kommen soll.

Bauliche Massnahmen sind dahingehend ein Thema, als dass sie die Umsetzung von betrieblichen Massnahmen verbessern oder gar erst ermöglichen können (z.B. Verlängerung von Fahrstreifen zur Umsetzung von Dosierungskonzepten, Eigentrassee ÖV zur Priorisierung etc.).

## 4.6 Umsetzung

Bei der Frage der Umsetzung geht es konkret um die Fragen: Wie werden die Daten zur Bestimmung eines Verkehrszustands bzw. Überlastungszustands erhoben? Bei welchen Schwellenwerten von definierten Messgrössen wird welches Massnahmenbündel ausgelöst, wo liegen die Prioritäten bei Zielkonflikten und wo die Zuständigkeiten für die Auslösung von Massnahmen?

## 5 Grundlagen

### 5.1 Einleitung

Die Literaturrecherche konzentrierte sich auf Fachartikel, Forschungsvorhaben und Projekte vornehmlich im deutschsprachigen Raum. Dazu gehören die bestehende Forschung von SVI und VSS, Artikel aus Fachzeitschriften, Begleituntersuchungen zu thematisch vergleichbaren Projekten in der Praxis sowie Normen und Richtlinien mit Bezug zum Thema. Englische und französische Quellen wurden per Stichwortsuche im Internet ebenfalls recherchiert, es konnten jedoch keine Dokumente mit substanziellem Bezug zum Thema gefunden werden. Die Erkenntnisse werden nachfolgend zusammengefasst (vgl. Literaturverzeichnis):

### 5.2 Forschungen und Fachartikel

#### 5.2.1 Forschung von SVI und VSS

Die Forschungsarbeiten *VSS 22/99*, *VSS 2003/302*, *SVI 2000/446* und *SVI 2001/538* thematisieren verschiedene Aspekte der Zuflussdosierung „Rampenbewirtschaftung HLS“.

**VSS 22/99** dokumentiert Erfahrungen mit Rampenbewirtschaftungen in der Schweiz und im Ausland und leitet daraus Empfehlungen für den praktischen Einsatz ab. Speziell erläutert werden die Anwendungen vor dem Westportal des Baregg隧NELS (A1) und die Zufahrt auf die A1L in Schwamendingen. Es resultieren Empfehlungen zu Steuerung, Verwendung von Eingangsdaten und baulicher und betrieblicher Ausgestaltung unter der Prämisse einer optimalen Zielerreichung. Als wesentliche Erkenntnis aus den untersuchten Fallbeispielen resultieren deutlich günstige Kosten-Nutzen-Verhältnisse der Massnahme Rampenbewirtschaftung (Nutzen ermittelt aus verminderten Zeitverlusten). Grundsätzlich wird empfohlen, Rampenbewirtschaftungen auf den Anschluss vor dem Engpass zu beschränken, da andernfalls Verkehr betroffen sein kann, der die HLS bereits vor dem Engpass wieder verlässt.

**VSS 2003/302** behandelt dagegen die Auswirkungen einer Rampenbewirtschaftung auf das untergeordnete HVS-Netz. Im Zentrum der Betrachtung steht der Zusammenhang zwischen Ausgestaltung der Zuflussdosierung, Verkehrscharakteristik und Umlagerungsverkehr. Die Höhe des Umlagerungsverkehrs variiert je nach Fahrtlänge mit der Wartezeit an der Dosierstelle. Daraus resultieren Empfehlungen hinsichtlich einer Minimierung des Umlagerungsverkehrs auf das untergeordnete Netz. So ist bei kurzen Fahrtstrecken, wie sie beim Pendlerverkehr in der Agglomeration häufig sind, hinsichtlich einer Minimierung von Ausweichverkehr zentral, dass ein Dosierkonzept regional bzw. in einem Korridor über mehrere Anschlüsse angelegt wird.

**SVI 2000/446** dagegen untersucht die Ausgestaltung, Anforderungen und Funktion von HLS in städtischen Agglomerationen (Stadtautobahnen). Dabei werden auch Aussagen zum Staumanagement gemacht. Strategische Ansätze betreffend der Behandlung von HLS und Lokalnetz (Prioritäten) werden vorgestellt. Es wird auf den hohen Anteil Binnen-, Ziel- und Quellverkehr auf Agglomerationsautobahnen hingewiesen. So sind z.B. im Gubristunnel nur ca. 10% Durchgangsverkehr bezogen auf einen Perimeter Baden-Winterthur. Des Weiteren wird diskutiert, wo im Rahmen eines Staumanagements unvermeidbare Staus vorgesehen werden sollten. Dabei werden Randbedingungen definiert, welche eingehalten werden sollen: möglichst geringe Beeinträchtigung der Siedlungsqualität – keine Behinderung des öffentlichen Verkehrs – keine Übertragung der Störungen von Autobahn auf das untergeordnete Netz und umgekehrt – Verhinderung Ausweichverkehr – Keine Überstauung von Knoten – Keine Staus in längeren Tunneln – Erhaltung der Netzleistungsfähigkeit. Daraus wird gefolgert, dass es in bestimmten Fällen durchaus zulässig sein kann, die Autobahn zu überstauen (z.B. bei geringem Anteil Durchgangsverkehr oder grundsätzlich bei Stichautobahnen). Bei einer hohen Priorität des Durchgangsverkehrs wird jedoch empfohlen, in den Anschlussbereichen Pufferräume einzurichten. Dazu werden Massnahmen vorgeschlagen: Distanz zwischen Aus-

fahrt/Einfahrt und Sekundärknoten durch Parallelführung vergrössern, mehrstreifige Rampen, zielreine Fahrstreifen auf dem untergeordneten Netz Richtung Einfahrt HLS. Der Normalfall sollte jedoch sein, dass der Verkehr auf der HLS flüssig gehalten wird, damit ein Attraktivitätsgefälle zum untergeordneten Netz bestehen bleibt wie auch aus Verkehrssicherheitsgründen. Dabei sollte gerade auf Stadtautobahnen die Leistungsfähigkeit klare Priorität gegenüber möglichst hohen signalisierten Geschwindigkeiten haben.

**SVI 2001/538** behandelt Verkehrsdosierungsanlagen allgemein, darunter auch Dosierungsanlagen bei Hochleistungsstrassen. Die verschiedenen Anwendungsmöglichkeiten (Zuflussdosierung zur HLS, Abflussdosierung von der HLS) werden summarisch erläutert, ebenso die damit verbundenen Probleme und Prioritäten. Dabei wird Bezug genommen auf SVI 2000/446. Als Hypothese wird formuliert: Dosierungen kommen dort zum Einsatz, wo Staus unvermeidlich sind und hingenommen werden müssen und wo aktiv darüber bestimmt werden kann, wo Verkehr gestaut werden kann und welche Bereiche flüssig gehalten werden sollen.

Die Forschungsarbeiten *SVI 2007/005*, *SVI 2003/003* und *SVI 48/00* untersuchen die Aspekte multimodale Verkehrsqualitätsstufen, Betriebskonzepte und Leistungsfähigkeiten.

**SVI 2007/005** liefert, basierend auf einer Literaturanalyse, Hinweise und Empfehlungen für die Herleitung eines multimodalen Qualitätsbegriffs, welcher die Qualitätsstufen der einzelnen Verkehrsmittel untereinander vergleichbar macht. Dabei wird ein Modell in den Raum gestellt, wonach sich die multimodale Verkehrsqualität aus Sicht der Verkehrsteilnehmer als Funktion von Fahrzeit, Raum (Platzbedarf), Behinderungen, Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit und Benutzerfreundlichkeit darstellen lässt. Rein verkehrstechnische Kriterien zur Beurteilung der Verkehrsqualität sind nur ein Teil der Wahrnehmung der Verkehrsteilnehmer, eine umfassende Betrachtung müsse auch die Sicht der Nutzer mitein-schliessen.

Bei **SVI 2003/003** steht die verkehrstechnische Beurteilung multimodaler Betriebskonzepte auf Strassen innerorts im Fokus. Multimodal ist so zu verstehen, dass auf einer bestimmten Strecke bzw. an einem bestimmten Knoten alle Verkehrsmodi angeschaut und bewertet werden. Die Arbeit enthält Beschreibung von Kriterien, welche geeignet sind, Verkehrsqualitätsstufen (VQS) pro Modus zu definieren. Diese Kriterien basieren auf Anforderungen von Verkehrsteilnehmern an den entsprechenden Verkehrsmodus. Beim ÖV sind dies die Pünktlichkeit und Beförderungsgeschwindigkeit, beim MIV Reisezeitkonstanz, das Geschwindigkeitsniveau und die Wartezeit an Knoten. Beim Fuss- und Veloverkehr werden die Kriterien unterteilt in strassenbegleitende Elemente (Längsverkehr) und Querungen (Knoten). Es können zu erreichende Qualitäts-Zielwerte pro Modus festgelegt werden, je nach Bedeutung des Verkehrs. Daraus können entsprechende Massnahmen abgeleitet werden.

**SVI 48/00** enthält eine Definition einer Gesamtleistungsfähigkeit eines Knotens (MIV und ÖV), also nicht nur bezogen auf einzelne Fahrzeugarten. Es wird ein *intermodaler Qualitätsindikator* festgelegt, welcher eine gewichtete Bilanz der Personen-Verlustzeiten MIV und ÖV gegenüber freier Fahrt darstellt. Für den MIV muss ein durchschnittlicher Besetzungsgrad angenommen werden, dem ÖV werden Fahrgastzählungen als Basis zu Grunde gelegt. Zudem kann der Einfluss des ÖV mittels eines Gewichtungsfaktors erhöht werden. Dieser Gewichtungsfaktor berücksichtigt einerseits den vorherrschenden Fahrtzweck der Fahrgäste, andererseits die Nachfrageelastizität bzw. die potenzielle Nachfragesteigerung bei ÖV-Beschleunigungsmassnahmen.

**SVI 2001/513** enthält eine Massnahmentypologisierung von Busbevorzugungsmassnahmen und deren Einsatzbereich und Wirksamkeit. Darüber hinaus verweist die Arbeit auf die Wichtigkeit der wesensgerechten Behandlung des öffentlichen Verkehrs (Fahrplaneinhaltung, Zuverlässigkeit) und die Beförderungskapazität gegenüber dem MIV, insbesondere wenn auf die Einheit *Personen* abgestellt wird. Daraus lässt sich die Notwendigkeit der Priorisierung gerade auch in Agglomerationen herleiten. Dabei können sich Massnahmen nicht nur auf den betrieblichen Bereich beschränken, sondern es müssen wo nötig auch bauliche Massnahmen ins Auge gefasst werden.

## 5.2.2 Weitere Forschung

**Zackor, 2001** zeigt für deutsche hochbelastete Autobahnanschlüsse auf, welches die Möglichkeiten von koordinierten Steuerungsmassnahmen sind. Dabei werden verkehrstechnische, systemtechnische, aber auch organisatorische Gesichtspunkte erläutert. Die koordinierten Steuerungen beziehen sich auf Ausfahrten wie auch Einfahrten und enthalten lokale Steuerungen bei den Anschlussstellen wie auch netzbezogene Elemente. Neben der verkehrstechnischen Ebene der Anschlussstellensteuerung werden auch Fragen der Kompetenzverteilung und der Systemarchitektur behandelt. Die Arbeit ist folglich relativ nahe am vorliegenden Forschungsthema angesiedelt. Im einzelnen liefern die folgenden Resultate Denkanstösse für die vorliegende Arbeit:

Bezüglich der Typisierung und Funktion von Autobahnen wird auf den speziellen Typ „Autobahn in Ballungsgebieten“ hingewiesen. Im Gegensatz zu reinen Fernverkehrsautobahnen überlagert sich bei diesem Typ überregionaler, regionaler und städtischer Verkehr. Die Fahrlängen sind vergleichsweise kürzer. Dabei wird innerhalb der Ballungsgebiete noch unterschieden in „Autobahnen in Randlage“ und „Stadtautobahnen“. Erstere sind den Fernverkehrsautobahnen in Trassierung und Anschlussdichte noch relativ ähnlich. Typische Anschlussform ist das halbe Kleeblatt, der Sekundärknoten ist nicht zwingend lichtsignalgeregelt und häufig isoliert.

Stadtautobahnen heben sich jedoch deutlich davon ab. Charakteristisch ist hier die dichte Abfolge von Anschlussstellen, welche häufig als Raute mit kurzen Beschleunigungsstreifen ausgebildet sind. Pannestreifen sind nicht überall vorhanden. Die Sekundärknoten sind in der Regel lichtsignalgeregelt und Teil einer koordinierten Knotensteuerung.

Des Weiteren werden mögliche Störungsfälle (Verkehrsüberlastungen mit Rückstaubildung) an Anschlussstellen typisiert. Ursächlich sind dabei Kapazitätsüberschreitungen im Einfahrbereich, Ausfahrbereich, auf offener Strecke mit Rückwirkung auf den Einfahrbereich, beim Sekundärknoten bzw. bei einem Nachbarknoten.

Bei den organisatorisch-institutionellen Aspekten wird auf die in Deutschland gängige Praxis hingewiesen, dass im Anschlussbereich die Einfahrrampe und die Ausfahrrampe in die Zuständigkeit der Autobahnbehörde fällt. Der Sekundärknoten hingegen als Teil der untergeordneten Strasse fällt (im Gegensatz zur Schweiz seit 2008) in den Zuständigkeitsbereich der regionalen oder städtischen Strassenbauverwaltung. Dies führt bei unterschiedlichen Zielvorstellungen bei der Steuerung der Anschlussstelle zu Konflikten. In der Regel hat die Autobahnbehörde eine koordinierende Funktion, wobei hier regionale Unterschiede bestehen.

Es werden Massnahmen zur Verkehrsbeeinflussung an Sekundärknoten vorgestellt und diskutiert. Diese Massnahmen verfolgen die grundsätzliche Zielsetzung, einen flüssigen Verkehrsablauf mit hoher Sicherheit im gesamten Bereich einer Anschlussstelle aufrechtzuerhalten, wobei der Verkehrsablauf auf der Autobahn prioritär ist. Bei der Massnahmenanwendung wird örtlich unterschieden in das Steuerungsfeld Einfahrt (Verhinderung Stau Stammfahrbahn, jedoch kein Rückstau von Einfahrtsrampe in das untergeordnete Netz), Steuerungsfeld Ausfahrt (Abflusssteuerung so, dass kein Rückstau auf Stammfahrbahn entsteht) und Steuerungsfeld Netz (Verlagerung des Verkehrs grossräumig auf benachbarte Anschlüsse etc.), wobei dieses Steuerungsfeld erst aktiv wird, wenn bei den Anschlüssen selber die Massnahmen nicht mehr wirksam sind. Bezüglich der Massnahmen im Netz wird jedoch einschränkend bemerkt, dass im städtischen Umfeld häufig keine stadtverträgliche Alternativrouten vorhanden sind und dass aufgrund des hohen Anteils ortskundiger Fahrer die Akzeptanz nicht gegeben ist. Das vorgeschlagene Massnahmenspektrum wird unterteilt in die Kategorien „Empfehlen“ (z.B. Alternativroute), „Warnen“ (z.B. Stauwarnung) und „Vorschreiben“ (z.B. dynamische Geschwindigkeitsbeschränkung).

Schliesslich werden diverse Anwendungsbeispiele aus Deutschland und Europa/USA beschrieben. Der Schwerpunkt besteht dabei in der Anwendung von Geschwindigkeitsbeeinflussung, Wechselwegweisung, Zuflussdosierungen und verkehrabhängiger Lichtsignalsteuerungen bei Anschlüssen. Unter Berücksichtigung der Tatsache, dass die Untersuchung aus dem Jahr 2001 datiert und folglich die Ergebnisse nicht mehr ganz aktuell sind, wird an dieser Stelle auf eine weitergehende Wiedergabe verzichtet.

Betreffend der Auswahl der Steuerungsmassnahmen werden Entscheidungs- und Optimierungskriterien diskutiert (Schwellenwerte). Dabei wird von den Wirkungen, welche die Steuerungsmassnahmen auslösen, ausgegangen. Die Wirkungen werden nach ver-

schiedenen Kriterien bewertet. Es werden die Kriterien Fahrzeugbetriebskosten, Fahrzeit, Unfallgeschehen, Lärmbelastung, Schadstoffbelastung, Klimabelastung und Trennwirkung gegenüber Fussgängerquerungen herangezogen. Diese Zielkriterien werden für einen Abschnitt  $i$  im Zeitintervall  $t$  in einer Zielfunktion zusammengefasst, welche einen monetären Zielwert liefert. Die Gewichtung der einzelnen eingehenden Kriterien wird als eine politische Aufgabe angesehen. Aufgrund der Verkehrssituation wird dann jener Schaltzustand (Massnahmenmix) ausgewählt, welcher für die Zielfunktion unter Berücksichtigung aktueller Verkehrsmessungen und einer Kurzfristprognose ein Minimum ergibt. Damit kann zum Beispiel die Entscheidung unterstützt werden, welches der Teilnetze unvermeidliche Stauungen aufnehmen soll. Je nach Fragestellung oder Betrachtungsgebiet können auch Kriterien weggelassen werden, im rein verkehrsorientierten Umfeld kann man sich z.B. auf Fahrzeit, Fahrzeugbetriebskosten und Unfallgeschehen beschränken. In den USA besteht die Tendenz, einzig auf Fahrzeitverluste abzustellen, was dazu führt, dass der Verkehrsfluss auf der HLS oberste Priorität genießt. Grundsätzlich gilt: die deutlich grössten Kostenbeiträge resultieren durch Fahrzeitverluste und Fahrzeugbetriebskosten.

Betreffend der organisatorisch-institutionellen Systemarchitektur werden vor dem Hintergrund unterschiedlicher Zuständigkeiten und Interessen zwei grundsätzliche Modelle beschrieben:

- Einrichten einer übergeordneten Leitzentrale mit Abtretung von Kompetenzen der beteiligten Behörden.
- Beibehaltung des Kompetenzbereichs der beteiligten Behörden, jedoch mit Abstimmung von Steuerungsmassnahmen und Regelung des Datenaustauschs und gegenseitiger Informationsaustauschs betreffend der Schaltzustände.

### 5.2.3 Artikel aus Fachzeitschriften

Nachfolgend eine Auswahl an Artikeln aus Fachzeitschriften, welche (technische) Massnahmen auf Hochleistungsstrassen im Bereich von Anschlussstellen beschreiben, die dazu dienen, den Verkehrsfluss auf der HLS aufrechtzuerhalten.

**Hansen, 1999** beschreibt die Anlage und Wirkungsweise von sogenannten Pufferräumen vor Engpässen. Diese dienen der Segmentierung von Verkehrsteilnehmern nach Eilbedürftigkeit zur Gewährleistung einer optimalen Ausnutzung der Engpasskapazität und Minimierung der Fahrzeitverluste.

**Lemke, 2003** beschreibt Voraussetzungen und die Umsetzung von temporären Umnutzungen von Seitenstreifen an Autobahnen zum Zwecke der kurzzeitigen Kapazitätserhöhung. Der Artikel ist thematisch ähnlich gelagert wie die Richtlinie ASTRA 15002 „Umnutzung von Standstreifen zu Fahrstreifen“.

**Engelmann, 2003** schliesslich untersucht bei Autobahnausfahrten die Möglichkeit der Standstreifenfreigabe für Ausfahrende bei Stau auf der Hauptfahrbahn (sogenannte „Stauventile“). Dabei wird bezüglich der Umsetzung eine statische Beschilderung einer dynamischen gegenübergestellt. Dabei zeigt sich, dass die dynamische Standstreifenfreigabe, falls die benötigte Infrastruktur nicht schon vorhanden ist, ein deutlich schlechteres Kosten-Nutzen-Verhältnis aufweist.

**Truppat, 2004** beschreibt den aktuellen Stand der Zuflussregelung auf HLS in Deutschland auf. Der Fokus liegt auf der technischen Ausgestaltung, Akzeptanzeinschätzungen und Zielerreichung. Die Wirksamkeit betreffend Erhöhung der Verkehrssicherheit und Verbesserung des Verkehrsflusses wird bei relativ geringen Investitionen als hoch eingeschätzt.

**Trapp, 2008** fokussiert bei seinen Betrachtungen auf einen neuen Steuerungsalgorithmus, welcher bei der Zuflussregelung zur HLS auf Messwerte der Einfahrtsrampe wie auch auf Verkehrsströme der Hauptfahrbahn abstellt. Ziel ist es, die Reaktionszeit zu verkürzen.

**Trapp, 2009** untersucht die Ermittlung der Wirksamkeit von Verkehrsbeeinflussungsanlagen, unter anderen auch Streckenbeeinflussungsanlagen. Danach bewirken solche Anlagen eine Verminderung des Staurisikos und damit auch des Unfallrisikos. Der Nutzen lässt sich somit durch verminderte Zeitkosten und Unfallkosten abschätzen. Das selbe Prinzip gilt auch für sogenannte Knotenbeeinflussungsanlagen, wozu auch Zuflussregelungsanlagen gehören (Rampenbewirtschaftung). Nutzen-Kosten-Verhältnisse grösser 1 sind die Regel.

### 5.3 Normen und Richtlinien

Die **Richtlinie ASTRA 15 002 Umnutzung von Standstreifen zu Fahrstreifen** definiert die Grundsätze und das Vorgehen wie auch die baulichen und signaltechnischen Massnahmen bei der Umnutzung von Standstreifen zu Fahrstreifen.

Die **Richtlinie 15 003 Verkehrsmanagement in der Schweiz (VM-CH)** definiert die verkehrstechnischen Vorgaben aller Verkehrsmanagementmassnahmen. Für die vorliegende Fragestellung sind insbesondere die Kapitel Lichtsignalanlagen Sekundärknoten und die Aussagen betreffend Standard-Betriebzustände für Lichtsignalanlagen bei Sekundärknoten, Rampenbewirtschaftung und Standstreifenumnutzung von Bedeutung. Ausserdem werden auch Handlungsgrundsätze für das Verkehrsmanagement auf Nationalstrassen formuliert (vgl. Bundesamt für Strassen ASTRA (2005), „Verkehrsmanagement VM-CH, Unterlage für den Begleitausschuss vom 22.11.2005, Handlungsgrundsätze“, mehr dazu in Kap. 8.1.1).

Die **Weisung ASTRA 75 002 Verkehrsmanagementpläne auf Nationalstrassen** definiert Ziel, Zweck, Struktur, Inhalt und einheitliche Anwendung der Verkehrsmanagementpläne auf Nationalstrassen.

Im Rahmen von Verkehrsmanagement Schweiz VM-CH wurde von **Bühlmann 2011** ein Bericht **„Gestaltung und Ausrüstung von Anschlüssen an das Nationalstrassen-netz“** ausgearbeitet. Ausgangslage bildet die Tatsache, dass gerade in den Agglomerationen die HLS einen hohen Anteil Binnen-, Ziel- und Quellverkehr aufweist und folglich in enger Wechselwirkung zum untergeordneten Strassennetz steht. Verbunden mit den hohen Verkehrszunahmen auf dem Nationalstrassennetz führt dies gerade in den Anschlüssen zu Problemen. Deshalb soll die Bewirtschaftung der Anschlussbereiche (Ein- und Ausfahrten) im Rahmen des integrierten Verkehrsmanagements helfen, die Verkehrssicherheit und den Verkehrsablauf auf der HLS wie auch dem untergeordneten Netz aufrechtzuerhalten. Als erstes wird eine Typisierung von Anschlüssen vorgenommen. Dabei wird unterschieden in „Anschluss innerhalb Agglomerationskern“, sogenannte Stadtautobahnen (dichte Abfolge von Anschlüssen, zentrumsnah, Sekundärknoten Teil eines Gesamtsystems), „Anschluss innerhalb Agglomerationsgürtel“ (Sekundärknoten in lokale Systeme integriert, Verteilung des Verkehrs über die entsprechenden Anschlüsse innerhalb der Agglomeration (Stadt tangente), „Anschlüsse ausserhalb von Agglomerationen“ (Sekundärknoten isoliert und lokal gesteuert).

Für die konkrete Ausgestaltung einer Anschlussbewirtschaftung wird auf die Berücksichtigung der unterschiedlichen Anforderungen von HLS und untergeordnetem Netz hingewiesen. In der Regel ist es so, dass der Abfluss von der HLS gemessen an den Kapazitäten des untergeordneten Netzes schnell einmal zu gross ist. Der Abfluss muss mit den Steuerungssystemen (LSA, Dosierstellen) und den Bedürfnissen von ÖV und Langsamverkehr in Einklang gebracht werden. Im weiteren Verlauf werden die verschiedenen Anschlussysteme beschrieben (verschiedene Formen wie Kleeblatt, Raute, Trompete), ebenso verschieden Formen von Einfahrten und Ausfahrten (einstreifig, mehrstreifig, Addition, Verteilerfahrbahn etc.)

Hauptbestandteil des Berichts bildet eine umfangreiche Einschätzung der Wirkung von verschiedenen Bewirtschaftungs- und auch baulichen Massnahmen im Einfahrts-, Ausfahrtsbereich und auch bei den Sekundärknoten auf die Kriterien Verkehrsablauf, Unfallgeschehen, Akzeptanz, Umsetzung und Kostenwirksamkeit. Dazu gehören auch Pannestreifenumnutzungen und Rampendosierungen. Als zweckmässig werden die Massnahmen Verlängerung Beschleunigungsstreifen (bei Einfahrten) und Verlängerung Verzögerungsstreifen (bei Ausfahrten) bezeichnet. Bedingt zweckmässig (je nach örtlicher Situation) eine ganze Reihe von weiteren statischen und dynamischen Massnahmen (u.a. Einfahrt mit Addition auf Pannestreifen, Geschwindigkeitsreduktionen, Stauwarnungen, Pannestreifenumnutzung, Sperren Einfahrt bzw. Ausfahrt, Empfehlen nächster Ausfahrt etc.)

Die Norm **SN 640 807 Rampenbewirtschaftung** regelt die Voraussetzungen, Ausgestaltung und Steuerung von Rampenbewirtschaftungen bei Einfahrten in HLS mit Leistungseingängen auf der Hauptfahrbahn.

Diverse Normen behandeln das Thema Verkehrsqualität an Knoten, dazu gehören:

**SN 640 018 Verkehrsqualität, HLS, Freie Strecke**

**SN 640 019 Verkehrsqualität, Einfahrten in HLS**

**SN 640 022 Verkehrsqualität, unregelmässige Knoten**

**SN 640 023a Verkehrsqualität, lichtsignalgeregelte Knoten**

**SN 640 024a Verkehrsqualität, Knoten mit Kreisverkehr**

Diverse weitere Normen behandeln das Thema Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr. Dazu gehören:

**SN 640 820 Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr, Grundnorm**

**SN 640 822 Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr, Zeitkosten im Personenverkehr**

**SN 640 824 Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr, Unfallkosten**

**SN 640 825 Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr, Bewertung und Abschätzung der Zuverlässigkeit**

## 5.4 Anwendungen und Pilotprojekte

**Bühlmann, 2009** beschreibt die Erkenntnisse der Rampenbewirtschaftung im Rahmen der Sofortmassnahmen Verkehrslenkung im Zusammenhang mit Leistungseingängen auf der N1/N20 Nordumfahrung Zürich, Abschnitt Limmattal-Gubrist. Dabei wurde u.a. festgestellt, dass eine Zuflussdosierung mit der Absicht der Stauverlagerung nur schlecht funktioniert (Platzbedarf, Akzeptanz). Hauptzweck einer Zuflussdosierung sollte die Pulkauflösung sein.

**Das Integrierte Verkehrsmanagement (IVM) Kanton Zürich, 2001 und 2006, definiert Leitsätze und Handlungsgrundsätze mit dem Ziel einer abgestimmten Verkehrssteuerung zwischen HLS und HVS (inkl. ÖV) (mehr dazu in Kapitel 8.1.2.).**

Im Rahmen von **VM-CH Schnittstelle Nationalstrasse-Kantonsstrassen** wurde für ein **Pilotprojekt A1 Region Baden-Wettingen** von **industrial services (is) 2010** ein Vorprojekt ausgearbeitet mit dem Ziel, die Schnittstelle zwischen Nationalstrasse und untergeordnetem Strassennetz zu optimieren. Die Massnahmen des Verkehrsmanagements werden aufeinander abgestimmt und die Schnittstellen und Zuständigkeiten geklärt (mehr dazu in Kapitel 8.1.3).

Im Rahmen von **Verkehrsmanagement in der Region Bern** (VM Region Bern) wurden von **Kieliger Gregorini 2010** Leitsätze definiert, welche als Grundlage dienen für das operative Verkehrsmanagement und die Erarbeitung von Verkehrsmanagementplänen (mehr dazu in Kapitel 8.1.4).

**S-ce, 2005** enthält die Erfolgskontrolle der Pilotphase der sogenannten **Dynamischen Betriebsoptimierung (DBO)** von Buslinien an Verkehrsknoten in Zürich-Nord (Glattal). Die dynamische Betriebsoptimierung hat die Busbevorzugung zur Anschlusssicherung mit elektronischen Hilfsmitteln ohne wesentliche Beeinträchtigung der MIV-Kapazität zum Ziel. Dabei wird dem MIV nach der Busdurchfahrt etwas mehr Grünzeit gegeben, so dass die Kapazität aufrechterhalten werden kann. Es hat sich gezeigt, dass an Einzelanlagen eine Gesamtoptimierung des Verkehrsablaufs erreicht werden kann, jedoch bleibt das Optimierungspotenzial bei gegebenem Angebot an Fahrstreifen beschränkt. Bei mehreren Buslinien an einem Knoten stellt sich zudem das Problem, dass die Bevorzugung der einen zum Nachteil der anderen erfolgen kann.

## 6 Typisierung von Sekundärknoten und Verkehrsmanagement-Massnahmen

### 6.1 Sekundärknoten

Anschlüsse bzw. Sekundärknoten bei Hochleistungsstrassen erfüllen je nach Einbettung in die Siedlungsstruktur unterschiedliche Funktionen. Der Sekundärknoten selber kann unterschiedlich gesteuert werden (lichtsignalgeregelt, ungeregelt, Kreisverkehr). Daraus ergeben sich auch unterschiedliche Ausgangslagen bei der Anwendung eines möglichst wirksamen Massnahmenmix. Eine Typisierung kann wie folgt vorgenommen werden (vgl. dazu eine vergleichbare Einteilung in Bühlmann 2011).

#### Anschluss HLS im städtischen Bereich

In der Regel Teil einer dichten Abfolge von Anschlüssen, hoher Anteil von Ziel- und Quellverkehr aufgrund der Zusatzfunktion der HLS als innerstädtische Hochleistungsstrasse, Anschluss häufig in engen Platzverhältnissen mit ungünstigen Ausbaumöglichkeiten, Sekundärknoten in der Regel LSA-geregelt und Teil eines Gesamtsystems, häufig mit strassengebundenem öffentlichem Verkehr

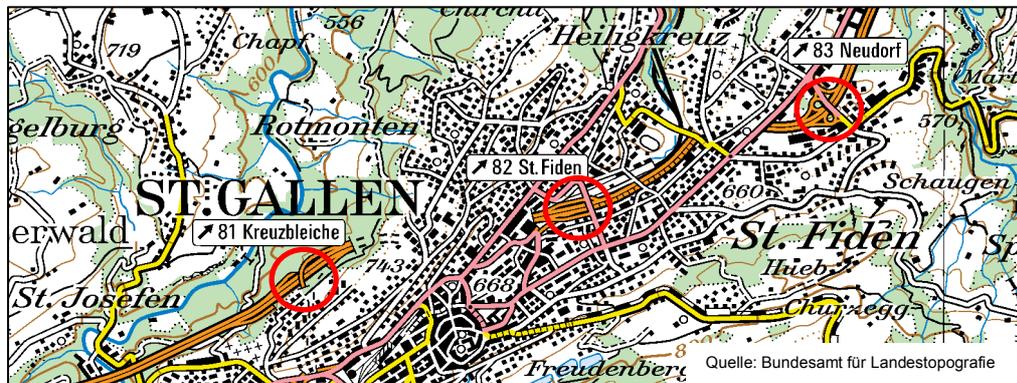


Abb. 6: Beispiel A1 Stadt St. Gallen mit Anschlussabfolge (roter Kreis)

#### Stichautobahn mit reiner Zubringerfunktion (Ausnahmefall)

Die HLS ist praktisch zu 100% mit Ziel- und Quellverkehr (bezogen auf städtisches Gebiet) belastet. Dies schafft einen grösseren Spielraum bezüglich Dosierung von der HLS auf die HVS (keine Behinderung von durchlaufendem Verkehr auf HLS).

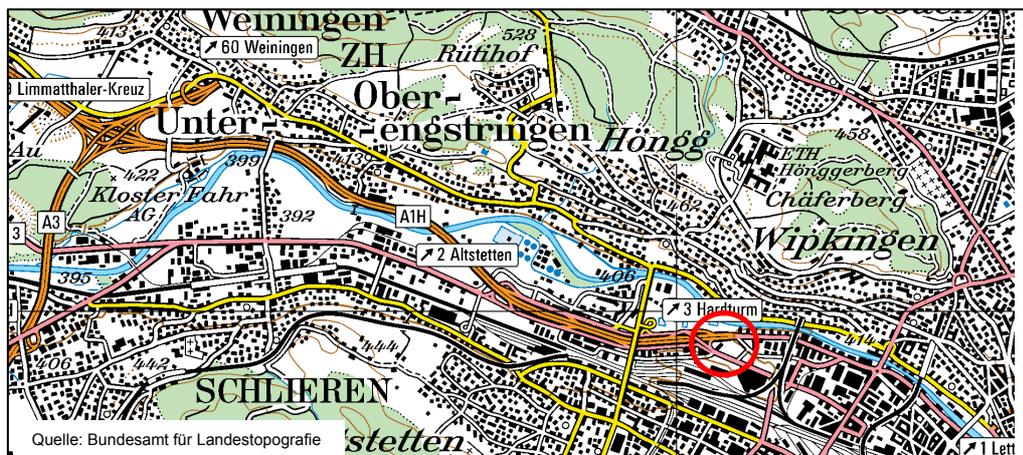


Abb. 7: Beispiel Autobahnende der A1H in Zürich-Hardturm

**Autobahnanschluss in Agglomeration**

Starke Belastung während Pendlerspitze, Sekundärknoten in der Regel Teil eines Gesamtsystems, häufig LSA-geregelt mit strassengebundenem öffentlichem Verkehr. Platzverhältnisse lassen eher Spielraum für bauliche Anpassungen.



Abb. 8: Beispiel Anschluss Urdorf Nord der A3

**Autobahnanschluss in ländlichem Bereich mit isoliertem Sekundärknoten**

Verhältnismässig moderate Belastung, häufig isolierter unregelmässiger Sekundärknoten ohne ÖV oder ÖV mit geringem Takt. Bauliche Anpassungen relativ gut möglich



Abb. 9: Beispiel Anschluss Mägenwil der A1

### Autobahnanschluss im Einflussbereich von verkehrsintensiven Verkaufsnutzungen

Starke Belastung während Pendlerspitze überlagert von Einkaufsverkehr, zusätzliche Spitzenstunde am Samstag, Sekundärknoten in der Regel Teil eines Gesamtsystems, häufig mit strassengebundenem öffentlichem Verkehr. Platzverhältnisse lassen teilweise Spielraum für bauliche Anpassungen.

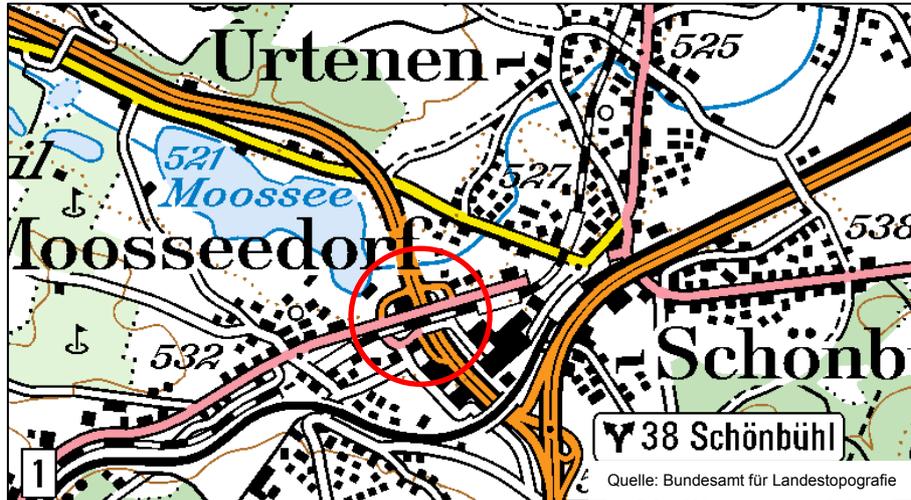


Abb. 10: Beispiel Anschluss Schönbühl der A6

## 6.2 Massnahmen des Verkehrsmanagements

Die folgende Abbildung 11 zeigt das verfügbare Massnahmenspektrum des Verkehrsmanagements und dessen Typisierung nach Art der Massnahme, Einsatzort und Wirkung (vergleichbare Zusammenstellungen finden sich in Bühlmann 2011 und Zackor 2001). Unter Verkehrsmanagement (VM) sind alle Massnahmen zusammengefasst, die den herrschenden Verkehr möglichst gleichmässig, ruhig, störungsfrei, emissionsarm und sicher fliessen lassen. Das Verkehrsmanagement auf dem Nationalstrassennetz (MIV) und dem Kantonsstrassennetz (ÖV und MIV) erfolgt anhand von vier Grundfunktionen:

- *Verkehrslenkung* kommt zum Zug, wenn temporäre Engpässe oder Hindernisse bestehen und der Verkehr umgeleitet werden muss.
- *Verkehrsleitung* wird nötig, wenn auf einer Strecke der gleichmässige Verkehrsfluss gewährleistet werden soll.
- *Verkehrssteuerung* wird vor allem bei den Knoten des Strassennetzes angewendet. Zur Gewährleistung des gleichmässigen und sicheren Verkehrsflusses können Zu- und Wegfahrt auf einen Strassen-Ast eingeschränkt bzw. dosiert werden.
- *Verkehrsinformation* setzt Verkehrsteilnehmer frühzeitig über bestehende Engpässe, Hindernisse oder Staus ins Bild. So sind sie in der Lage, Reisezeit, Route, Tagesziel oder Verkehrsmittel optimal zu wählen und ihr Ziel zuverlässig zu erreichen.

Bauliche Massnahmen können je nach örtlicher Situation notwendig sein, um den Spielraum und damit die Wirksamkeit von Verkehrsmanagementmassnahmen zu erhöhen. Entsprechende Erläuterungen dazu finden sich in Kapitel 10.3.

Abb. 11 Massnahmen des Verkehrsmanagements, Struktur  
(Abkürzungen: siehe Abkürzungsverzeichnis)

Massnahmen	Einsatzort										Wirkung/Zweck										
	HLS					HVS					Harmonisierung bzw. Aufrechterhaltung Verkehrsfluss	Verkehrssicherheit	Staumanagement	Kapazitätserhöhung							
	Stammstrecke		Anschluss			innerorts		ausserorts													
	Einfahrt	Ausfahrt	Anschlussknoten	innerorts	ausserorts	Einfahrt	Ausfahrt	Anschlussknoten	innerorts	ausserorts											
			physische Umsetzung																		
Routeempfehlung		x																			
Stauwarnung																					
Dynamische V-Anzeigen																					
Dynamische Fahrstreifenzeile																					
Überholverbote																					
Dosierung vor Tunnel																					
Zufussdosierung, Pulkauflösung																					
Zufussdosierung, Staumanagement mit Verlängerung Einfahrt HLS durch Umnutzung Pannestreifen																					
Umnutzung Pannestreifen																					
zwischen Anschlüssen über Anschlüsse hinweg																					
Abflussdosierung mit Verlängerung Ausfahrt durch Umnutzung Pannestreifen																					
Ausfahrtsperre																					
Einfahrtssperre																					
Sperrung bestimmter Knotenströme																					
ÖV-Priorisierung (ev. grüne Welle)																					

## 7 Anforderungen der Netzbetreiber an eine abgestimmte Steuerung

### 7.1 Anforderungen und Interessen

Die Anforderungen an eine abgestimmte Steuerung der Teilnetze HLS und HVS bzw. die Interessen von deren Betreiber können in Anlehnung an Zackor 2001, SVI 2000/466 und Bühlmann 2011 sowie eigener Überlegungen gemäss Abbildung 12 folgendermassen zusammengefasst werden:

#### Teilnetz HLS

Auf der HLS soll der Verkehr auch während der Spitzenstunden bei ausreichender Verkehrssicherheit noch fliessen (Verkehrsqualitätsstufe D bis E). Im Zentrum steht dabei die Verbindungs- und Durchleitfunktion der HLS (längere Fahrten). Das heisst, es soll durch die gerade in städtischen Bereichen ebenfalls vorhandene Entlastungs- und Erschliessungsfunktion keine Überlastung resultieren.

#### Teilnetz HVS

Für die HVS ergeben sich vergleichbare Anforderungen. Die Aufrechterhaltung des Verkehrsflusses auch in Spitzenzeiten ist insbesondere im Hinblick auf das Funktionieren des strassengebundenen öffentlichen Verkehrs von entscheidender Bedeutung. Während Spitzenzeiten wie auch im Falle von Störungen im Verkehrsablauf sind die Einhaltung der Fahrpläne und die Gewährung der Anschlüsse bei den öffentlichen Bahn- und Busbetrieben sicherzustellen. Darüber hinaus kann so auch Ausweichverkehr auf das siedlungsorientierte Netz (Sammel- und Erschliessungsstrassen) minimiert werden. Im Falle von Nachfrageüberhängen ist ein aktives Staumanagement mit kalkulierbaren Reisezeiten eine akzeptierte Massnahme. In Zentrumsgebieten mit einer Häufung von ÖV-Linien und hoher Aufenthaltsqualität soll der Verkehr ebenfalls fliessen.

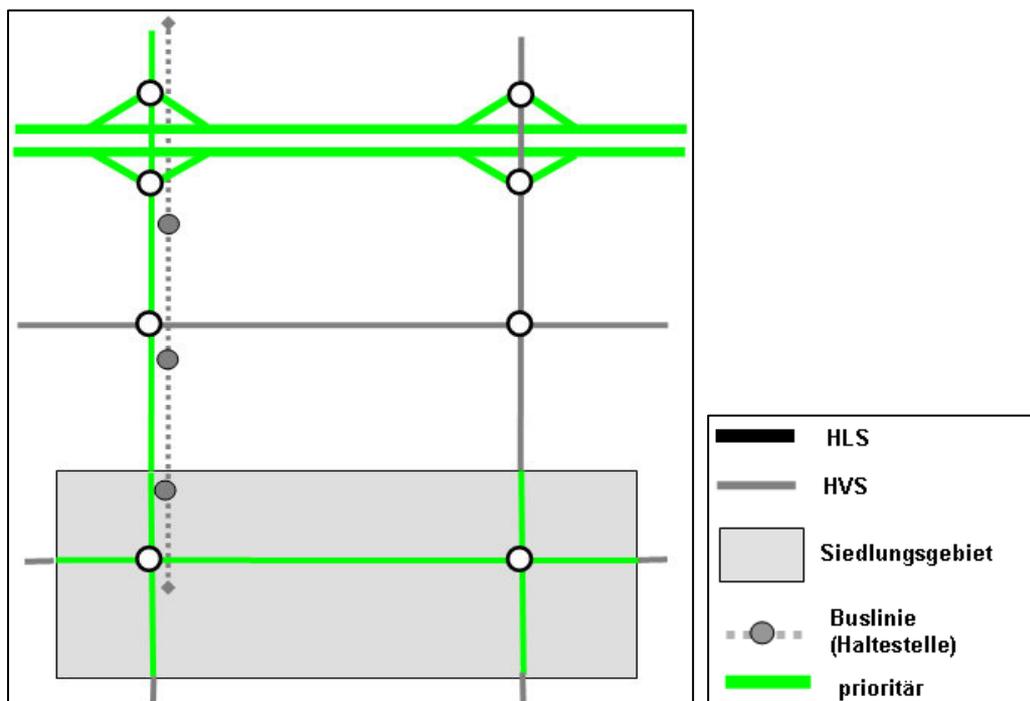


Abb. 12: Netzschema mit Darstellung Priorität Verkehrsfluss

## 7.2 Konflikte

Die in Kapitel 7.1 formulierten Anforderungen von HLS und HVS stehen nicht a priori im Gegensatz zu einander. Es kann folgendermassen argumentiert werden (vgl. Abbildung 13):

Fliessender Verkehr auf der HLS gewährleistet, dass kein Verkehr auf das untergeordnete Netz ausweicht. Dies hilft, den Verkehrsfluss auf der HVS möglichst lange aufrechtzuerhalten mit positiven Folgen für die Aspekte Schutz der Siedlungsgebiete bzw. Zentrumsgebiete und Fahrplaneinhaltung beim strassengebundenen ÖV.

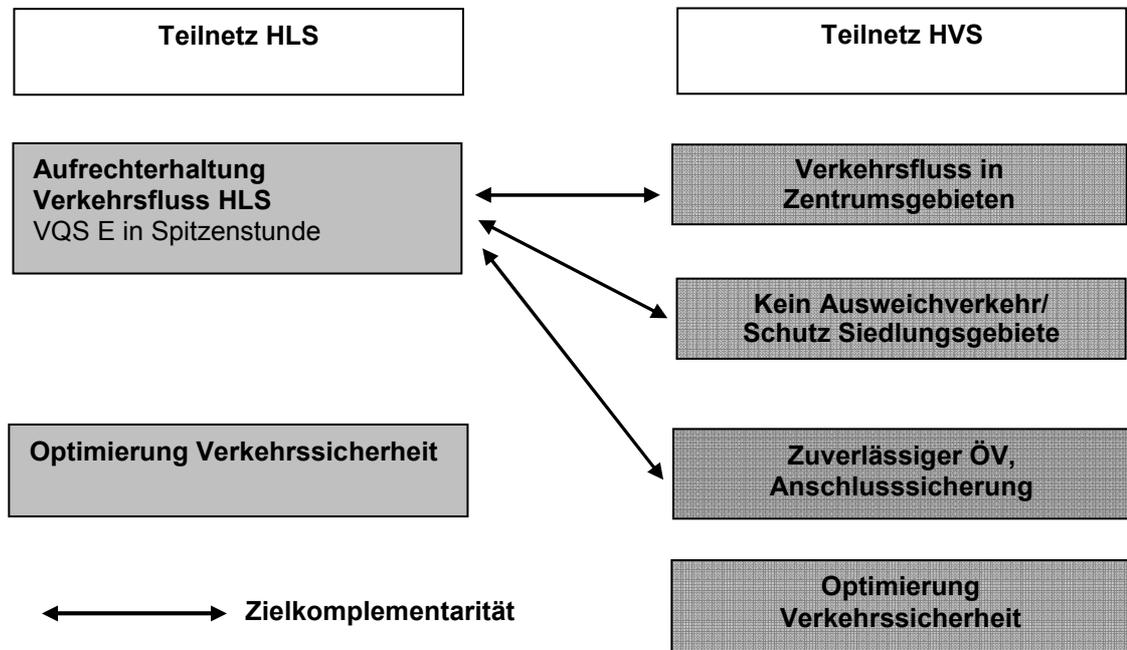


Abb. 13: Anforderungen an die Teilnetze

Das bedeutet: auf der Anforderungs- bzw. Zielebene sind keine Konflikte offensichtlich. Diese ergeben sich erst bei der Anwendung von Massnahmen. Solche Massnahmen können sein:

- Zuflussdosierung HLS mit Rückstau auf Sekundärknoten und Ausweichverkehr auf untergeordnetes Netz
- Abflussdosierung HLS am Sekundärknoten mit Rückstau auf die HLS
- Routenempfehlung auf der HLS über die HVS bzw. umgekehrt

Kurzum, es sind in erster Linie Massnahmen aus dem Segment „Steuern“ gemäss Abbildung 11, welche die Situation auf einem Teilnetz z.T. zu Ungunsten des anderen Teilnetzes verbessern sollen.

Hier stellt sich die Grundsatzfrage, wie solche Massnahmen abgestimmt im Sinne einer Optimierung des Gesamtverkehrs angewendet werden sollen.

## 8 Leitsätze und Prioritätenregelung

### 8.1 Erfahrung aus Pilotprojekten

Wie in Kapitel 5 bereits erwähnt, wurde an verschiedenen Orten in der Schweiz im Rahmen von Verkehrsmanagementkonzepten oder Pilotprojekten der Versuch unternommen, die Steuerung des Verkehrs an der Schnittstelle von HLS und HVS mittels sogenannten Leitsätzen bzw. Handlungsgrundsätzen zu regeln. Diese Leitsätze definieren die Stossrichtung des Handelns wie auch die Prioritäten bei konkurrierenden Interessen auf den verschiedenen Netzen.

Folgende Projekte werden nachfolgend diesbezüglich ausgewertet (vgl. Literaturverzeichnis):

- ASTRA VM-CH
- Integriertes Verkehrsmanagement (IVM) Zürich
- Pilotprojekt A1 Baden-Wettingen
- Verkehrsmanagement Region Bern

An diesen Konzepten und Projekten waren neben dem ASTRA immer auch die zuständigen kantonalen und städtischen Stellen (Kanton Aargau, Kanton und Stadt Bern, Kanton und Stadt Zürich) beteiligt, so dass daraus auch deutlich wird, welches die Anforderungen seitens dieser Behörden an eine abgestimmte Steuerung sind.

#### 8.1.1 ASTRA VM-CH

Das ASTRA hat im Rahmen von VM-CH [ASTRA 2005] 12 Handlungsgrundsätze formuliert, welche von allen für das operative Verkehrsmanagement der Nationalstrassen verantwortlichen Stufen anwendbar sind. Sie dienen u.a. dafür,

- die Verkehrssicherheit, die Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit des Netzes zu gewährleisten;
- den Umgang mit der Verkehrsnachfrage zu regeln, falls die Leistungsfähigkeit, die Zuverlässigkeit oder die Verkehrssicherheit auf den Nationalstrassen beeinträchtigt sind.

Auf diesen Handlungsgrundsätzen basieren schliesslich orts- und ereignisbezogene Verkehrsmanagementpläne (VMP) auf den Nationalstrassen und dem sogenannten Netz von Bedeutung (HVS).

Die für das vorliegende Thema relevanten Handlungsgrundsätze 1-5, 7 und 9 sind in Anhang II aufgeführt. Sie können folgendermassen zusammengefasst werden:

**Handlungsgrundsatz 1** bezieht sich auf die Verkehrssicherheit: Bei dichter werdendem Verkehr auf der HLS soll per variabler Geschwindigkeitsanzeige der Verkehrsfluss stabilisiert werden. Vor Gefahren soll rechtzeitig gewarnt werden (z.B. Stauwarnung, Pannenfahrzeuge). Es sind dies Massnahmen des Verkehrsmanagements (vgl. Abb. 11), welche noch keinen direkten Bezug zum untergeordneten Netz bzw. der Anschlussstelle aufweisen.

**Handlungsgrundsatz 2** bezieht sich auf die Zuverlässigkeit auf HLS-Abschnitten. Hier wird der Einsatz von Verkehrsinformation postuliert, welche über Störungen, Reisezeitverluste und allfällige Alternativrouten informieren soll. Es ergibt sich bereits ein Bezug zum untergeordneten Netz (Alternativrouten).

**Handlungsgrundsatz 3** beschreibt den Umgang mit Zeitverlusten. Reisezeitverluste von 5 bis 10 Minuten gelten als tolerierbar. Massnahmen des Verkehrsmanagements sollten prioritär dort eingesetzt werden, wo durch Staus hohe volkswirtschaftliche Kosten entstehen.

**Handlungsgrundsatz 4** nimmt Bezug auf die Verkehrsqualität der HLS. Diese ist zu gewährleisten, damit die HLS als Rückgrat des Verkehrssystems attraktiv und sicher bleibt und die Funktionen Durchleiten, Verbinden, Entlasten und Erschliessen gewährleisten kann, wobei der Durchleitfunktion besondere Beachtung geschenkt wird. Als Massnahmen zur Aufrechterhaltung des Verkehrsflusses werden ausdrücklich Zu- und Abflussdosierungen genannt. Damit wird hier der prinzipielle Vorrang der HLS postuliert.

**Handlungsgrundsatz 5** führt bezüglich Priorisierung der HLS weiter aus, dass der Verkehrsfluss auf kritischen Abschnitten mit Massnahmen des Verkehrsmanagements aufrechterhalten werden soll.

**Handlungsgrundsatz 7** nimmt Bezug auf die Massnahmen bei Staubildung auf der HLS. Als ausserordentliche Massnahmen sind Dosierungen und Sperrungen von Ein- und Ausfahrten vorgesehen.

**Handlungsgrundsatz 9** behandelt das Thema strassengebundener ÖV auf dem untergeordneten Netz (mit Bedeutung). Dieser hat bei Dosierungsmassnahmen Vorrang vor dem MIV auf dem untergeordneten Netz.

### 8.1.2 Integriertes Verkehrsmanagement (IVM) Zürich

Im Rahmen des integrierten Verkehrsmanagements des Kantons Zürich [IVM 2001, 2006] wurden im Konsens unter allen Beteiligten abstrakt formulierte, allgemein gültige Handlungsgrundsätze festgelegt. Diese lauten folgendermassen:

- A1: Gebietsorientierte Steigerung der Gesamtverkehrsleistung
- A2: Priorisierung von ÖV gegenüber MIV, Prinzip der Verhältnismässigkeit
- B1: Gewährleistung Verkehrsfluss HLS
- B2: Gezielte Beeinflussung des Verkehrs auf HLS
- B3: Verkehrsmenge auf den HLS wird gesteuert durch Zuflusssteuerung
- B4: Abflusssteuerung zur Vermeidung von Rückstau auf HLS
- B5: Massnahmen in den Quellgebieten der HLS-Verkehrsströme
- B6: Gleichzeitige Anschlussbewirtschaftung und HVS-Bewirtschaftung
- B7: Vermeidung von Ausweichverkehr vom HLS-Netz auf das HVS-Netz
- C1: Gewährleistung der ÖV-Anschlüsse

Diese Handlungsgrundsätze wurden mittels Leitsätzen konkretisiert. Diese Leitsätze sollen definieren, wie das Verkehrsmanagement für den strassengebundenen Verkehr funktionieren soll.

Den Leitsätzen wurden 2 Prämissen vorangestellt, welche zusammenfassend folgendermassen lauten:

- Die Erhaltung und Verbesserung der Verkehrssicherheit ist bei allen Verkehrsmanagement-Massnahmen die Grundvoraussetzung.
- Bei der Anwendung der Verkehrsmanagement-Massnahmen wird der Ansatz des Systemoptimums zu Grunde gelegt, d.h. die intermodale Kapazität des Verkehrsträgers Strasse soll optimiert werden.

Die eigentlichen Leitsätze wurden folgendermassen formuliert:

**LS 1:** Aufrechterhaltung Zuverlässigkeit Verkehrsfluss HLS (Konkretisierung B1 und B2)  
Zur Aufrechterhaltung der Zuverlässigkeit des Verkehrsflusses auf der HLS und der Gewährleistung der Verlässlichkeit der Reisezeiten werden Massnahmen zur Homogenisierung und Stabilisierung des Verkehrsflusses eingesetzt.

**LS 2:** Gleichberechtigte Behandlung verkehrlicher Funktionen HLS (Konkretisierung B3, B4, B5)  
Die verkehrlichen Funktionen der HLS – Verbinden, Entlasten, Erschliessen und Durchleiten – sind gleichberechtigt zu behandeln.

**LS 3:** Definition Netzhierarchiestufen HLS und Umgebung (Konkretisierung B1)  
Die Netzhierarchiestufen für das Strassennetz des Kantons Zürich werden innerhalb des HLS-Netzes und des untergeordneten Strassennetzes priorisiert.

**LS 4:** Priorisierung des öffentlichen Verkehrs ÖV (Konkretisierung A1 und C1)  
Zur Gewährleistung von konkurrenzfähigen Reisezeiten und kritischen ÖV-Anschlüssen werden auf dem untergeordneten Strassennetz gewisse Netzhierarchiestufen zu Gunsten des ÖV beeinflusst. In Bereichen, in denen es dadurch zu Konkurrenzsituationen kommt, ist eine weitgehende Trennung der Verkehrsarten vorzusehen. Die wesensgerechte Behandlung des ÖV muss garantiert werden.

**LS 6:** ausstehend (HVS)

**LS 7:** ausstehend (LV)

**LS 8:** Bewirtschaftungsprinzip nach Netzhierarchiestufen (Konkretisierung A1, B1-4, B6, B7)  
Die Leistungsfähigkeit der einzelnen Netzhierarchiestufen wird stufenweise von oben nach unten ausgeschöpft und bewirtschaftet. Ist der Übergang von Verkehrsqualitätsstufe D zu E erreicht, wird das untergeordnete Netz in diesem Bereich stärker belastet. Bei Überlastung des gesamten Netzes erfolgt eine Rückkoppelung von unten nach oben. Übergeordnete Netzelemente werden bevorzugt behandelt, damit die Stauauflösung optimal abläuft. Kriterien: MIV: Minimierung der Wartezeiten im Gesamtsystem; ÖV: Minimierung der Verlustzeiten; Siedlung: keine Überlastung in verdichteten Siedlungsgebieten.

**LS 9:** Festlegung der Schwellenwerte nach Netzhierarchiestufen (Konkretisierung A1, B1-4, B6, B7)  
Für alle Netzhierarchiestufen werden für die Bewirtschaftung Schwellenwerte festgelegt. Diese beziehen sich auf ein einzelnes Ereignis und nicht auf die Summe der Ereignisse pro Fahrt in einem Netz. Die Schwellenwerte bilden Eingangsgrössen für die Steuerungsprinzipien der Bewirtschaftungsanlagen.

### 8.1.3 Pilotprojekt A1 Region Baden-Wettingen

Im Rahmen dieses Pilotprojektes [js 2010] wurde das Ziel verfolgt, für den Netzübergang Nationalstrasse - untergeordnetes Strassennetz zur Optimierung des Verkehrsflusses konkrete organisatorische, verkehrliche und technische Massnahmen aufzuzeigen.

Den unter 8.1.1 erwähnten Handlungsgrundsätzen des ASTRA wurden die Interessen des Kantons bezüglich seines Strassennetzes gegenübergestellt. Diese Interessen des Kantons finden ebenfalls Ausdruck in entsprechenden Handlungsgrundsätzen, welche sich stark an denjenigen des ASTRA orientieren, jedoch das Ganze aus der Optik des untergeordneten Netzes betrachten.

Aus den Handlungsgrundsätzen des ASTRA und des Kantons Aargau wurden drei Leitsätze hergeleitet, welche die höchste Priorität im Bereich der Schnittstelle HLS/HVS haben. Diese sind:

- maximale Verkehrssicherheit für den Verkehrsteilnehmer

Die Verkehrssicherheit auf dem Strassennetz hat oberste Priorität und muss in jeder Situation und zu jeder Zeit gewährleistet sein

- minimale Reisezeit im betroffenen Netz

Der Verkehr auf dem HLS- und HVS-Netz ist so zu organisieren, dass innerhalb des Pilotperimeters alle im Auto oder Bus reisenden Verkehrsteilnehmer möglichst rasch oder fahrplan-konform zum Ziel kommen. Die Summe aller Reisezeitverluste der einzelnen Verkehrsteilnehmer soll auch im Überlastungs- oder Ereignisfall minimal sein. Das untergeordnete Netz (Sammel-, Erschliessungs- und Quartierstrassen) ist von dieser Betrachtung ausgeschlossen. Es ist im Überlastungsfall vor Ausweichverkehr zu schützen.

- Zuverlässigkeit der Informationen über Reisezeit und Verkehrssituation

Der Verkehrsteilnehmer kennt die Verkehrssituation und kann seine Reisezeit aktuell und zuverlässig abschätzen. Dies gilt sowohl für den Fahrzeuglenker des MIV als auch den Fahrgast im ÖV.

Diese Leitsätze wurden inhaltlich folgendermassen konkretisiert:

### Maximale Verkehrssicherheit

**Gefahrenwarnung:** Vor häufig eintretenden Gefahren oder Gefahren mit grossen Auswirkungen ist so rasch wie möglich zu warnen.

**Geschwindigkeitsharmonisierung:** Ist bei hohem Verkehrsaufkommen und in Stausituationen die Verkehrssicherheit gefährdet, ist die Geschwindigkeit zu homogenisieren und der Verkehr zu stabilisieren.

**Knotenregelung:** Zur Erhöhung der Verkehrssicherheit aller Verkehrsteilnehmer (Fussgänger, Velo, ÖV, MIV) sind sicherheitskritische Knoten mit Lichtsignalanlagen zu regeln.

### Minimale Reisezeit

**Umgang mit Zeitverlusten:** Einzelne Massnahmen mit kleinen Verlustzeiten gelten als tolerierbar. Als Schwellenwert für das Ergreifen von VM-Massnahmen gilt für die HLS und die HVS inkl. ÖV ein Zeitverlust > 5 Minuten. Ein zusätzliches Kriterium für den ÖV ist die Gewährleistung der Anschlusssicherung (Umsteigen auf anderes öffentliches Verkehrsmittel, z.B. am Bahnhof).

**Verkehrsqualität:** Der Verkehrsfluss auf der Stammfahrbahn der HLS ist bei sich abzeichnender Verkehrsüberlastung so lange wie möglich aufrechtzuerhalten. Kommt es zum Stau, sinkt die Leistungsfähigkeit stark, d.h. der Durchsatz auf der Stammfahrbahn ist stark reduziert.

**Priorisierung:** Sind HLS und HVS überlastet, sind im Verkehrsmanagement die Prioritäten so zu setzen, dass der Reisezeitverlust über alles (Gesamtnetz, MIV und ÖV) möglichst gering ist. Dazu sind vorsorglich entsprechende Schwellenwerte festzulegen.

**ÖV-Priorisierung:** Der strassengebundene ÖV auf den HVS hat hohe Priorität gegenüber dem Individualverkehr. Insbesondere sind die Anschlüsse ans übrige Netz des öffentlichen Verkehrs zu gewährleisten. Die Priorisierung erfolgt nach den zuvor genannten Grundsätzen im Rahmen einer Betrachtung der Reisezeitverluste des Gesamtverkehrs.

**Staubildung:** Trotz VM-Massnahmen sind Überlastungen in Leistungsempässen und während Spitzen- und Hauptreisezeiten unvermeidbar. Die Staubereiche sind so zu „managen“, dass die Zeitverluste auf dem Gesamtnetz insgesamt möglichst gering bleiben.

**Unterstützung der Polizei:** Im Ereignisfall sind die Rettungseinsätze der Blaulicht-Organisationen mit VM-Massnahmen prioritär zu unterstützen (Freihalten von Rettungsachsen, raschmöglicher Zugang zum Ereignisort).

### Zuverlässigkeit

Regelmässige Überlastungen (Pendlerspitzen): Hier sind die Reisezeitverluste bekannt. Wichtig sind hier Informationen über die Abweichungen (grössere Stausituationen als im Regelfall).

### 8.1.4 Verkehrsmanagement Region Bern

Im Rahmen des Verkehrsmanagements Region Bern werden die Leitsätze in folgende zwei Kategorien unterteilt:

- **Generelle Leitsätze:** Die generellen Leitsätze gelten für alle Verkehrsträger (Strasse, Schiene) bzw. –arten (MIV, ÖV, Langsamverkehr) in einem übergeordneten Sinn.
- **Spezifische Leitsätze:** Die spezifischen Leitsätze beschreiben die Zielsetzung aus Sicht eines Verkehrsträgers bzw. –art.

Bei den generellen Leitsätzen handelt es sich um die folgenden beiden:

#### **Leitsatz 1, Zuverlässiger Verkehrsfluss:**

Der Verkehrsfluss auf dem definierten Strassennetz bleibt für den MIV, den ÖV, den Langsamverkehr und den Güterverkehr durch Verkehrsbeeinflussungsmassnahmen, Netzbewirtschaftung und Staumanagement möglichst gewährleistet. Der Verkehrsteilnehmer kennt die Verkehrssituation und kann seine Reisezeit aktuell und zuverlässig abschätzen. Reisezeitverluste werden begrenzt.

#### **Leitsatz 2, Verkehrssicherheit:**

Die Verkehrssicherheit aller Verkehrsteilnehmer auf dem definierten Strassennetz hat oberste Priorität und muss in jeder Situation und zu jeder Zeit durch Information, VM-Massnahmen und den Einsatz der Blaulichtorganisationen gewährleistet sein.

Die spezifischen Leitsätze lauten folgendermassen:

#### **Leitsatz 3, Sicherstellung des Verkehrsflusses auf Hochleistungsstrassen:**

Die Gewährleistung des Verkehrsflusses auf der HLS hat hohe Priorität. Massnahmen können auf der HLS, beim Zufluss auf die HLS oder der Abstimmung mit dem untergeordneten Netz angeordnet werden. Damit kann das Ausweichen des Verkehrs auf das untergeordnete Strassensystem vermieden werden.

#### **Leitsatz 4, Priorisierung des öffentlichen Verkehrs:**

Zur Gewährleistung von konkurrenzfähigen Reisezeiten und kritischen ÖV-Anschlüssen wird der ÖV mit geeigneten Massnahmen (VM, Organisation, evtl. bauliche Massnahmen) auf dem HVS-Netz gegenüber dem MIV priorisiert.

#### **Leitsatz 5, Aufrechterhaltung des Verkehrsflusses in Kernagglomerationen:**

Der Verkehrsfluss auf dem definierten Strassennetz in Kernagglomerationen und in Gebieten, in welchen ÖV, MIV und Langsamverkehr dieselbe Strassenfläche teilen, ist aufrechtzuerhalten. Neben VM-Massnahmen sind auch weitergehende Massnahmen wie Parkraummanagement und Verbesserungen für das Umsteigen auf den ÖV und den Langsamverkehr einzubeziehen.

#### **Leitsatz 6, VM-Massnahmen im Langsamverkehr:**

Der Langsamverkehr (LV) versteht sich als gleichberechtigter Partner zu den anderen Verkehrsarten. VM-Massnahmen müssen deshalb die Anliegen des LV (und der daran hängenden Transportkette) mit gleicher Wichtigkeit und Sorgfalt berücksichtigen wie die Anliegen der anderen Verkehrsarten.

### 8.1.5 Fazit

Aus den oben ausgewerteten vier Beispielen wird deutlich, dass die in Handlungsgrundsätzen und Leitsätzen behandelten Aspekte sich sehr ähnlich sind bzw. sich nur in Nuancen unterscheiden. Ein Grossteil dieser Handlungsgrundsätze und Leitsätze lassen sich mit den folgenden 5 Hauptfeldern zusammenfassen:

- Gewährleistung Verkehrssicherheit
- Priorisierung des strassengebundenen ÖV (auf HVS), Gewährleistung der Anschlüsse

- Priorisierung HLS bzw. Aufrechterhaltung Verkehrsfluss auf HLS
- Aufrechterhaltung eines zuverlässigen Verkehrsflusses bzw. Ermöglichen einer zuverlässigen Reisezeitangabe
- Schutz von Siedlungsgebieten
- Minimale Reisezeit bzw. Gesamtreisezeit

Es liegt in der Natur der Sache, dass sich die Handlungsgrundsätze des ASTRA auf die HLS und die Anschlüsse beschränken, während kantonale Konzepte auch Aussagen zu Siedlungsgebieten und Langsamverkehr enthalten.

In der Regel werden sogenannte Handlungsgrundsätze durch sogenannte Leitsätze konkretisiert, wobei die Konkretisierung nicht immer offensichtlich ist (z.B. IVM Zürich). Grundsätzlich stellt sich rein terminologisch die Frage, weshalb *Handlungsgrundsätze* den *Leitsätzen* übergeordnet sind und nicht umgekehrt.

Die nachfolgende Abbildung enthält eine Zusammenfassung der vier Konzepte.

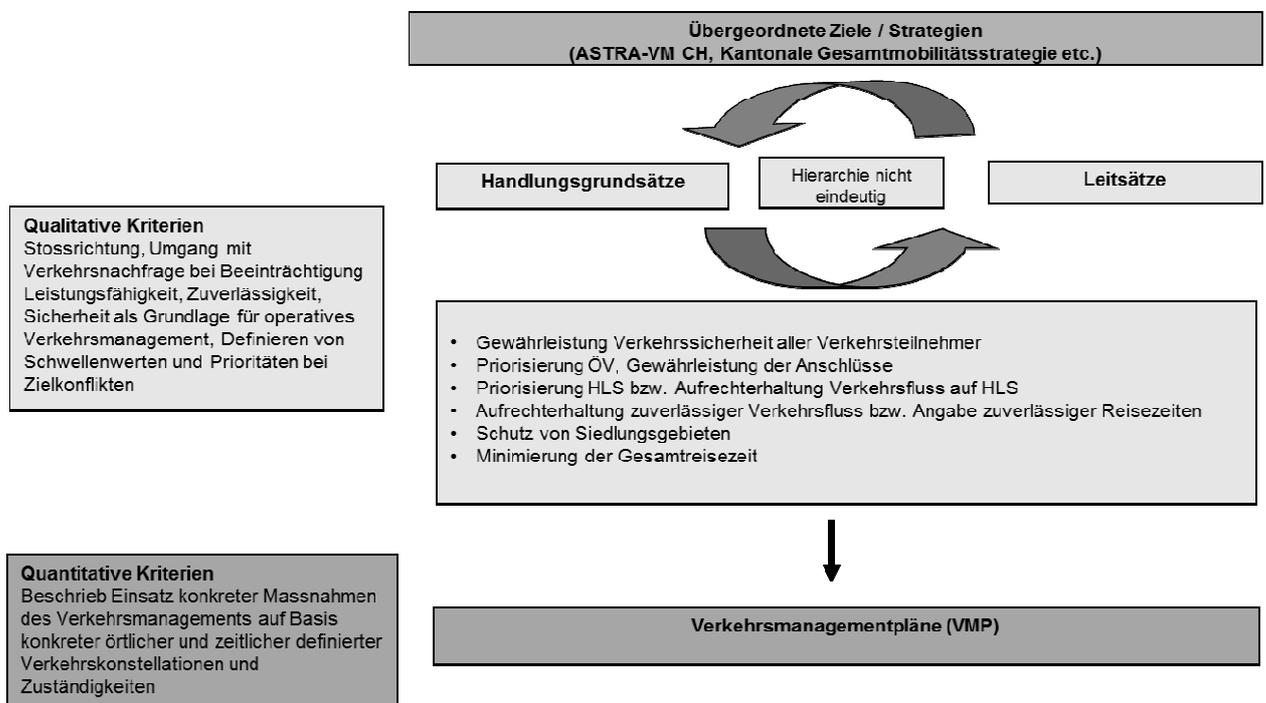


Abb. 14: Zusammenfassung Leitsätze aus Pilotprojekten

Bezüglich Prioritäten und Schwellenwerten ergeben sich die folgenden Erkenntnisse:

Die Handlungsgrundsätze des ASTRA postulieren bei Überlastungen den Vorrang der HLS, insbesondere die Aufrechterhaltung der Durchleitfunktion verbunden mit dem Hinweis der Wichtigkeit der HLS als Rückgrat eines sicheren und leistungsfähigen Verkehrssystems.

Dieser Grundsatz wird bei den anderen Konzepten nicht in Frage gestellt, es wird jedoch im Falle von netzweiten Überlastungszuständen auf den Grundsatz der Minimierung der Gesamtreisezeiten bzw. Verlustzeiten verwiesen, was dazu führen kann, dem öffentlichen Verkehr bei entsprechender Auslastung eine höhere Priorität einzuräumen. Das IVM weist diesbezüglich explizit darauf hin, bei entsprechenden Zielkonflikten möglichst eine Verkehrswegetrennung anzustreben (eigenes Trasse für den ÖV). Konsens besteht auch bezüglich des speziellen Schutzes von dichten Siedlungsgebieten vor Überlastungen.

Quantitative Schwellenwerte werden in den genannten Leitsätzen nicht umfassend definiert. Für den Verkehrsfluss auf der HLS wird ein Übergang von der Verkehrsqualitätsstu-

fe D zu E und ein Reisezeitverlust von über 5 Minuten (Pilotprojekt A1) als kritisch angesehen. Beim öffentlichen Verkehr gilt als Kriterium die Anschlusssicherung. In den Leitsätzen des ASTRA wird ein Reisezeitverlust von bis zu 10 Minuten als noch tolerierbar eingestuft.

## 8.2 Vorschlag allgemeingültiger Leitsätze und Prioritäten

### 8.2.1 Leitsätze und Handlungsgrundsätze

In Kapitel 8.1 wurde deutlich, dass bei den verschiedenen untersuchten Projekten ein vergleichbares Gerüst an Leitsätzen und Handlungsgrundsätzen definiert wurde. Leitsätze umschreiben Ziele, welche mit Massnahmen des Verkehrsmanagements erreicht werden sollen. Dabei wird es in der Regel jedoch so sein, dass je nach Verkehrszustand nicht alle Ziele vollumfänglich erreicht werden können.

Es wird in diesem Kapitel der Versuch unternommen, darauf aufbauend und unter Einbeziehung von eigenen Ideen ein möglichst kohärentes und allgemeingültiges Gerüst abzuleiten, welches je nach konkretem Anwendungsfall angepasst oder erweitert werden kann.

Dabei gilt die Terminologie und inhaltliche Abstufung gemäss Abbildung 15:

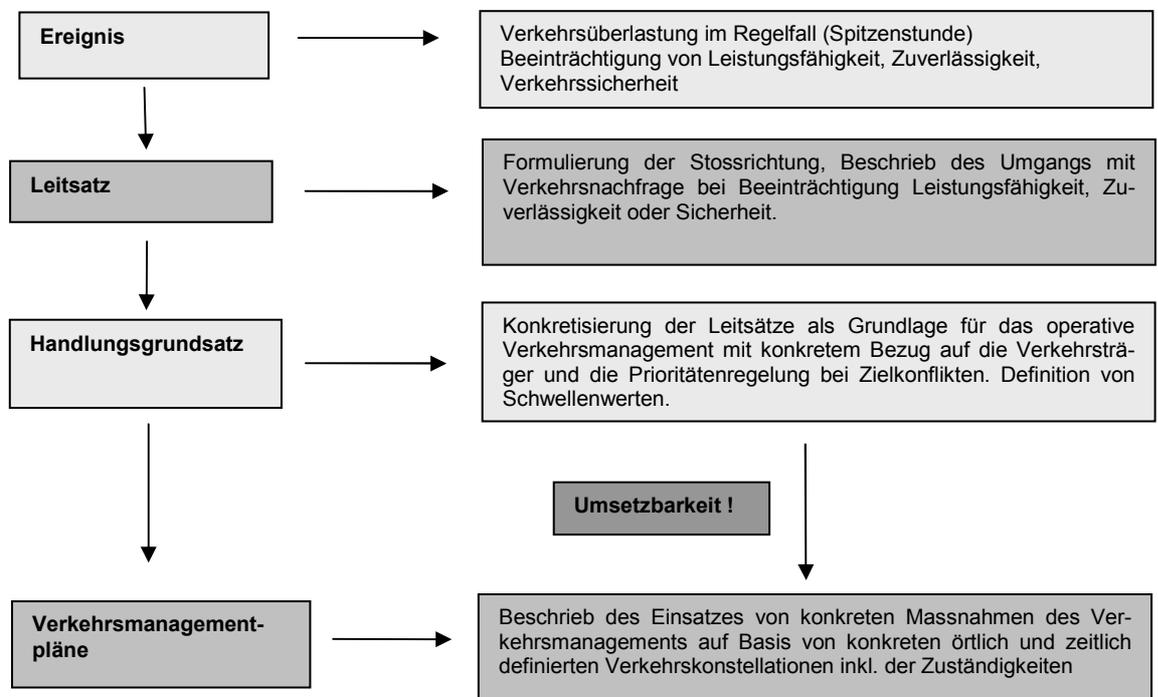


Abb. 15: Terminologie

Anhang III enthält eine tabellarische Übersicht mit 5 Leitsätzen und den dazu konkretisierenden Handlungsgrundsätzen für MIV, ÖV und Langsamverkehr. Verkehrsmanagementpläne lassen sich nur am konkreten Objekt formulieren. Zusätzlich wird summarisch aufgezeigt, mit welchen Massnahmen des Verkehrsmanagements sich die Handlungsgrundsätze umsetzen lassen.

Dazu ergänzend die folgenden Erläuterungen:

#### Leitsatz 1: Gewährleistung Verkehrssicherheit

Die Verkehrssicherheit aller Verkehrsteilnehmer muss bei allen Verkehrszuständen gewährleistet bleiben. Das heisst für die HLS:

Aufrechterhaltung eines stabilen homogenen Verkehrsflusses mit ausreichend Fahrzeugabständen → Einsatz von dynamischen Geschwindigkeitsanzeigen, bei Staubildung Gefahrenwarnung, Zuflussdosierung.

Für die HVS: Bei bestehenden Lichtsignalanlagen Einhaltung ausreichender Zwischen-

zeiten, bei kritischen Knoten vermehrter Einsatz von Lichtsignalanlagen insbesondere hinsichtlich der Bedürfnisse des LV.

#### **Leitsatz 2: Sicherstellung des Verkehrsflusses auf der HLS**

Die Gewährleistung des Verkehrsflusses auf der HLS hat hohe Priorität. Massnahmen können auf der HLS, beim Zufluss auf die HLS oder der Abstimmung mit dem untergeordneten Netz angeordnet werden. Damit kann das Ausweichen des Verkehrs auf das untergeordnete Netz vermieden werden

#### **Leitsatz 3: Gewährleistung zuverlässiger Verkehrsfluss MIV auf untergeordnetem Netz unter Berücksichtigung der Anforderungen Langsamverkehr**

Der Verkehrsfluss auf der HVS bleibt für den MIV durch Verkehrsbeeinflussungsmassnahmen, Netzbewirtschaftung und Staumanagement möglichst gewährleistet. Bei Überlastungszuständen kennt der Verkehrsteilnehmer die Verkehrssituation und kann seine Reisezeit zuverlässig abschätzen. Die Belange des Langsamverkehrs werden ausreichend berücksichtigt (z.B. Ermöglichung Vorbeifahrt für Zweiräder an stehenden Kolonnen in Dosierungsräumen, ausreichende Grünzeit für Fussgänger an Lichtsignalanlagen).

#### **Leitsatz 4: Öffentlicher Verkehr: Fahrplaneinhaltung und Gewährleistung der Anschlüsse**

Der strassengebundene öffentliche Verkehr wird auf dem untergeordneten Netz wie auch an den Sekundärknoten der Anschlüsse gegenüber dem MIV priorisiert. Wo dies mit betrieblichen Mitteln nicht ausreichend möglich ist, sind bauliche Massnahmen zu prüfen und gegebenenfalls umzusetzen (Eigentrassee, Busspuren etc. als längerfristige parallel laufende planerische Aufgabe).

#### **Leitsatz 5: Schutz von Siedlungs- und Zentrumsgebieten mit Mischnutzung MIV/ÖV/LV**

Überlastungen in Zentrumsgebieten und Ausweichverkehr in Siedlungsgebieten werden mit entsprechenden Massnahmen minimiert. Dazu gehört ein weitgehend stabiler und berechenbarer Verkehrsfluss auf der HLS (vgl. Leitsätze 1 und 2) wie auch auf der HVS. Als weitere Massnahme zur Aufrechterhaltung des Verkehrsflusses in Zentrumsgebieten wird auf der HVS ein Staumanagement mit Stauräumen in weniger sensiblen Räumen vorgesehen.

#### **Leitsatz 6: Netzhierarchiegerechte Abwicklung der Verkehrsnachfrage**

Übergeordnete Quelle-Ziel-Beziehungen werden auf dem übergeordneten Strassennetz abgewickelt. Zielverkehr wird direkt geführt und so lange wie möglich auf dem verkehrsorientierten Strassennetz abgewickelt, Quellverkehr so rasch wie möglich auf das verkehrsorientierte Strassennetz geführt. Durch Aufrechterhaltung des Verkehrsflusses auf HLS und HVS wird der Ausweichverkehr minimiert.

#### **Bemerkung zum Prinzip der Minimierung der Gesamtverlustzeiten bei Überlastung im Gesamtnetz:**

In den oben dargelegten Leitsätzen aus den untersuchten Projekten (Kap. 8.1) wurde verschiedentlich postuliert, bei netzweiten Überlastungen eine Prioritätenregelung nach dem Prinzip der Minimierung der Summe der personenbezogenen Verlustzeiten vorzunehmen. Der Ansatz geht soweit in die richtige Richtung, als dass daraus deutlich wird, dass bei betroffenen hoch ausgelasteten ÖV-Linien nicht zwingend die HLS Priorität erhalten muss. Diese Vorgehensweise übernimmt im Kern die Forderung der Bestimmung der Gesamtleistungsfähigkeit eines Knotens über die gewichteten personenbezogenen Verlustzeiten MIV und ÖV gemäss SVI 48/00. Kapitel 9.5 enthält ein Fallbeispiel für die Region Bern Nord. Daran anlehnend werden gewisse Vorbehalte betreffend der Tauglichkeit dieses Prinzips für die tägliche Steuerung angebracht.

## 8.2.2 Konflikte und Prioritäten

Bereits in Kapitel 7 wurde dargelegt, dass die Konflikte auf der Massnahmenebene im Sinne von unerwünschten Auswirkungen entstehen, deren Ausprägung aber immer von der konkreten örtlichen Situation abhängt. Es können die folgenden Typen von Konflikten unterschieden werden:

**Zuflussdosierung auf die HLS auf Anschlussrampe oder bei vorgelagerter LSA** → führt nicht zwingend zu Überlastungen im Anschlussbereich oder im untergeordneten Netz, erhöht aber den Widerstand, die HLS zu benutzen. Das kann zu Ausweichverkehr auf das untergeordnete Netz bzw. zu Verlagerungen auf Nachbaranschlüsse führen (vgl. auch VSS 2003/002).

**Massnahme zu Leitsatz:** Verkehrssicherheit gewährleisten (hier: auf HLS), Verkehrsfluss auf HLS gewährleisten

**Konflikt mit Leitsatz:** Zuverlässiger Verkehrsfluss auf HVS gewährleisten, Fahrpläneinhaltung ÖV, Netzhierarchiegerechte Abwicklung des Verkehrs

**Routenempfehlungen** → führt zu Mehrbelastungen auf anderem Teilnetz (HLS oder HVS)

**Massnahme zu Leitsatz:** Verkehrssicherheit gewährleisten (hier: auf HLS), Verkehrsfluss auf HLS bzw. HVS gewährleisten

**Konflikt mit Leitsatz:** Zuverlässiger Verkehrsfluss auf HVS gewährleisten, Fahrpläneinhaltung ÖV, Netzhierarchiegerechte Abwicklung des Verkehrs

**Abflussdosierung HLS** → führt zu Rückstau auf HLS

**Massnahme zu Leitsatz:** Zuverlässiger Verkehrsfluss auf HVS gewährleisten, Fahrpläneinhaltung ÖV

**Konflikt mit Leitsatz:** Verkehrsfluss auf HLS aufrechterhalten, Verkehrssicherheit gewährleisten (hier: auf HLS)

**Staumanagement HVS** → führt zu Ausweichverkehr auf untergeordnetes Strassennetz

**Massnahme zu Leitsatz:** Zuverlässiger Verkehrsfluss auf HVS gewährleisten

**Konflikt mit Leitsatz:** Verkehrsfluss auf HLS aufrechterhalten, Netzhierarchiegerechte Abwicklung des Verkehrs

Die Konflikte bewegen sich auf zwei Ebenen:

Einerseits entstehen sie durch Verunmöglichung von Verkehrsverlagerungen von einem Teilnetz auf das andere aufgrund von netzweiten Überlastungen. In diesem Fall muss eine Prioritätenregelung getroffen werden. Diese sieht grundsätzlich einen Vorrang der HLS vor der HVS vor. Voraussetzung ist, dass der ÖV den Fahrplan einhalten und die Anschlüsse gewährleisten kann.

Andererseits entstehen sie punktuell als unerwünschte Auswirkung einer Massnahme wie z.B. Verkehrsverlagerungen aufgrund von Dosierungen. Solche unerwünschte Auswirkungen können durch örtliche bauliche Anpassungen und/oder betriebliche netzweite Gesamtkonzepte gemildert werden.

Typische bauliche Anpassungen können sein (vgl. dazu Kap. 10.3):

- Verlängerung von Ausfahrtsspuren auf der HLS bei Abflussdosierungen, dadurch wird verhindert, dass der Rückstau auf die Stammstrecke reicht
- Verlängerung von Einfahrtsspuren bei Zuflussdosierung zur Verhinderung von Rückstau auf die HVS und Blockierung Sekundärknoten

Netzweite Konzepte sehen z.B. vor, dass Massnahmen wie z.B. eine Zuflussdosierung netzweit (über ein zu definierendes Gebiet), also nicht nur auf einen Anschluss oder eine Einfallsachse beschränkt, angewandt werden oder dass die Belastbarkeit von Strassen netzweit festgelegt und deren Einhaltung mit flankierenden Massnahmen unterstützt wird.

### 8.3 Definition von Schwellenwerten als Grundlage für die Anwendung von Steuerungsmassnahmen

Im vorangehenden Kapitel wurden Leitsätze und Handlungsgrundsätze formuliert, welche definieren, wie im Netz bei bestimmten Verkehrszuständen zu verfahren ist, d.h. welche Massnahmen des Verkehrsmanagements einzuleiten sind. Um einen solchen Verkehrszustand zu definieren, müssen entsprechende Messgrössen wie zum Beispiel die Reisezeit  $t$ , die Rückstaulänge  $l$  oder die Fahrplanabweichung  $\Delta t$  festgelegt werden, deren Werte permanent erhoben werden (vgl. auch Kapitel 10.1 Technische Ausrüstung). Um schliesslich zu entscheiden, ob ein bestimmter Zustand erreicht worden ist und eine Massnahme oder ein Massnahmenbündel ausgelöst wird, müssen für diese Messgrössen sogenannte Schwellenwerte definiert werden ( $t_{krit}$ ,  $l_{krit}$  oder  $\Delta t_{krit}$ ). Bei Überschreitung derselben, werden bestimmte Steuerungsmassnahmen ergriffen.

Solche Messgrössen sollten mit möglichst geringem Aufwand erhoben werden können und möglichst aussagekräftig sein (vgl. Kap 10.1). Die bei Zackor 2001 dargestellte Methode der Nutzung einer zu minimierenden Zielfunktion (vgl. Kap. 5.2.2) dürfte nicht zuletzt aufgrund der Schwierigkeit einer Kurzfristprognose zu kompliziert sein.

Abbildung 16 enthält für die verschiedenen Netzelemente solche Messgrössen, die sich eher an SVI 2003/003 orientieren. Eine quantitative Festlegung der Schwellenwerte muss bei konkreten Anwendungen jedes Mal wieder neu erfolgen.

Abb. 16: Messgrössen und Schwellenwerte				
	Messort (Abb. 17)	Messgrösse	Schwellenwert	Referenzwert
1	HLS offene Strecke	Reisezeit $t$ Verkehrsdichte $k$	Reisezeit $t$ über Strecke $s = t_{krit}$ <b>und</b> $k = k_{krit}$ (Verkehrsdichte) über eine bestimmte Dauer (z.B. > 5 Min.)	Reisezeit $t$ auf Strecke zwischen 2 Anschlüssen bei VQS D
2	Rampe Einfahrt	Verkehrsfluss $q$	Verhältnis von $q$ Rampe und $q$ auf rechtem Fahrstreifen in kritischem Bereich über eine bestimmte Dauer (z.B. > 5 Min.)	
3	Rampe Ausfahrt / Sekundärknoten	Rückstaulänge $l$	Rückstaulänge $l = l_{krit}$ über eine bestimmte Dauer	
4	ÖV-Linie	Fahrplanabweichung $\Delta t$	Fahrplanabweichung $\Delta t = \Delta t_{krit}$ und prognostizierte Ankunftszeit an Umsteigeknoten über kritischer Ankunftszeit	Fahrplan
5	HVS	Rückstaulänge $l$ an Knoten Reisezeit $t$	Rückstaulänge $l = l_{krit}$ über eine bestimmte Dauer oder ermittelte Reisezeit $t$ über eine bestimmte Strecke = $t_{krit}$ .	
6	HVS-Knoten, Querung Fussverkehr	Wartezeit $t$	Wartezeit $t = t_{krit}$ .	

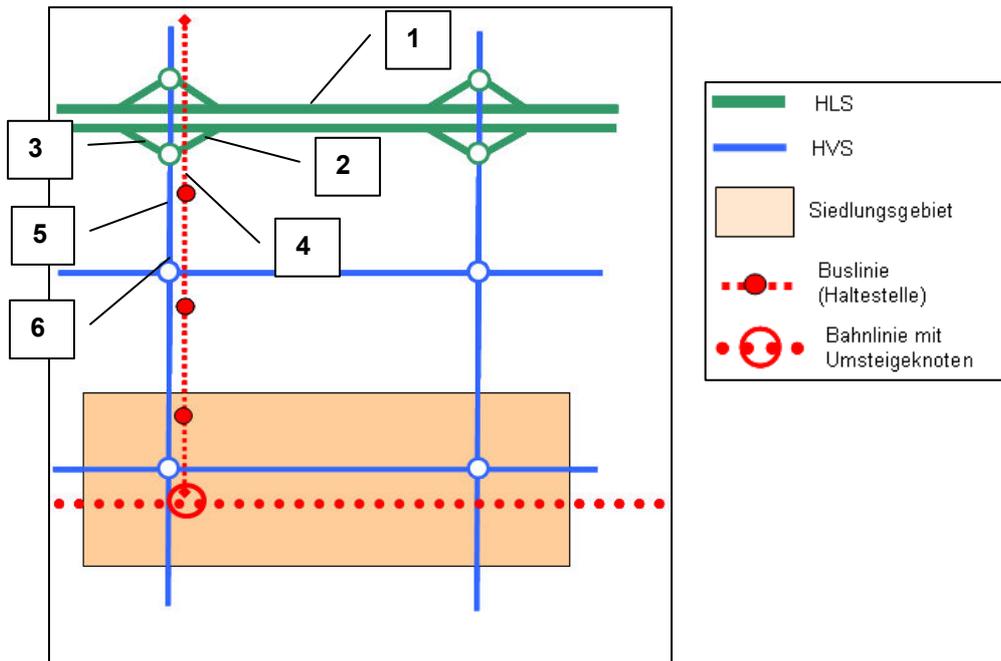


Abb. 17: Messorte für die Erfassung von Schwellenwerten

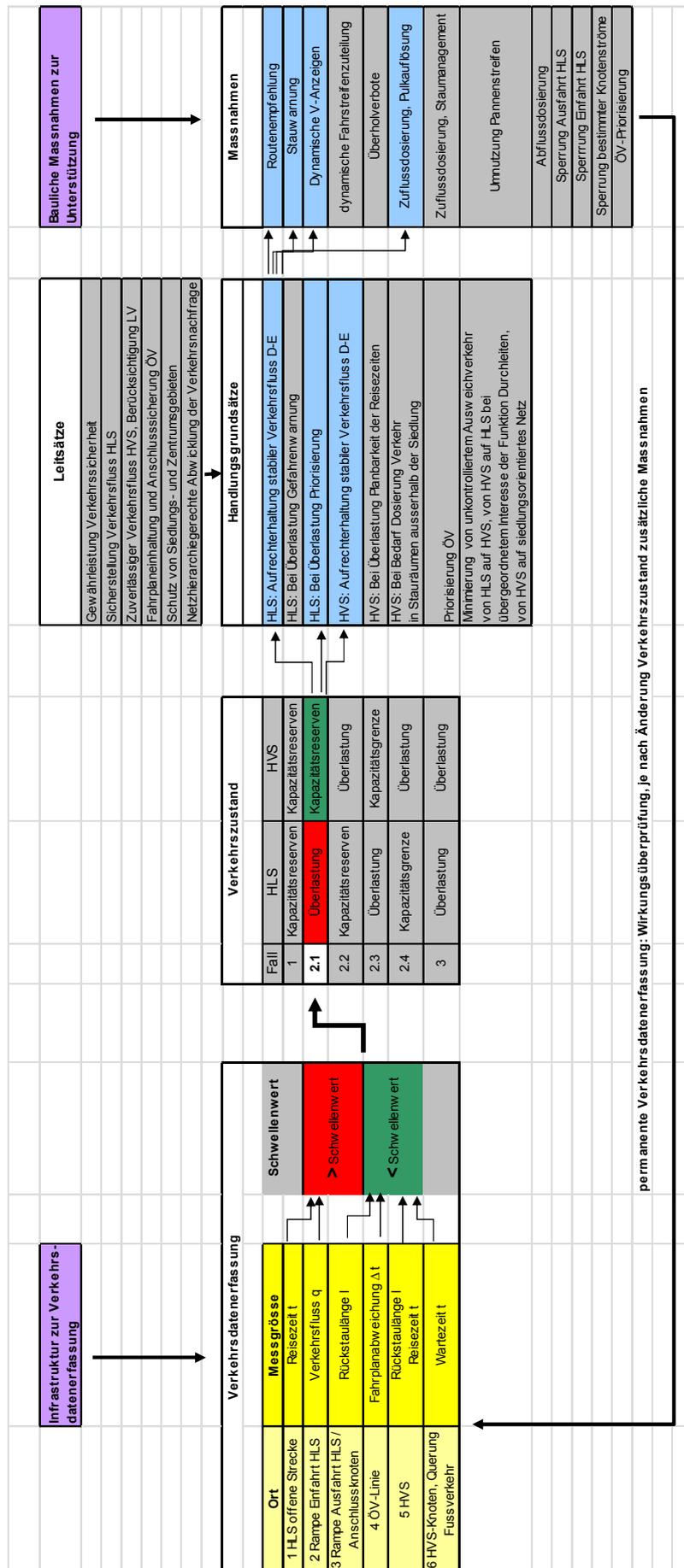
## 8.4 Wirkungsgefüge

Die nachfolgende Abbildung 18 verdeutlicht zusammenfassend das Zusammenspiel der oben beschriebenen Elemente Erfassung von Messgrößen, Schwellenwerte, Verkehrszustand und Massnahmen basierend auf Leitsätzen und Handlungsgrundsätzen.

Vereinfacht betrachtet kann aus den Messgrößen für die Netzelemente HLS und HVS der Verkehrszustand dargestellt als Lastfall (Auslastungsgrad, aufgeteilt in *Kapazitätsreserve*, *an Kapazitätsgrenze*, *Überlastung*) abgeleitet werden. Der ermittelte Lastfall verursacht die Auslösung von gewissen Massnahmen, welche auf den Handlungsgrundsätzen basieren. Dabei kann je nach Verkehrssituation eine punktuelle Massnahme (z.B. beschränkt auf den Anschlussknoten) genügen. Bei zunehmender Auslastung bzw. Überlastung können netzweite Massnahmen ergriffen werden.

Durch eine permanente Verkehrsdatenerfassung kann die Wirkungsweise der Massnahmen bzw. sich neu ergebende Verkehrszustände ermittelt werden, was wiederum neue Massnahmen bzw. den Abbruch von Massnahmen auslösen kann. Dabei stellt sich die Frage, ob der Verkehrszustand als Ist-Zustand oder als prognostizierter Zustand Entscheidungsgrundlage sein soll. Bei letzterem wäre eine Kurzfristprognose notwendig, deren Genauigkeit Grenzen gesetzt sind.

Abb. 18 Wirkungsgefüge



## 9 Überprüfung am Fallbeispiel VM Bern Nord

### 9.1 Einleitung

Das in Kapitel 8 hergeleitete theoretische Gerüst wird nachfolgend am Beispiel Verkehrsmanagement Region Bern, Teilgebiet Bern Nord, in Teilen angewendet und kritisch hinterfragt. Es soll summarisch aufgezeigt werden, welche die wesentlichen Planungsschritte sind, welche technische Ausrüstung notwendig ist und wie die Leit- und Handlungsgrundsätze für typische Verkehrssituationen angewendet werden können. Schliesslich wird in einem Fazit auf Probleme, offene Fragen und Folgerungen hingewiesen. Es werden dabei aus forschungsmethodischen Gründen Aussagen getroffen, welche nicht unbedingt mit Resultaten der laufenden Projektierung übereinstimmen müssen.

Die nachfolgende Abbildung enthält den Betrachtungsperimeter zwischen den Verzweigungen A1/A6 Schönbühl und Wankdorf mit den Anschlüssen Schönbühl und Bern-Wankdorf. Parallel verläuft die Kantonsstrasse K1/K6 zwischen Moosseedorf/Münchenbuchsee, Zollikofen und der Stadt Bern.

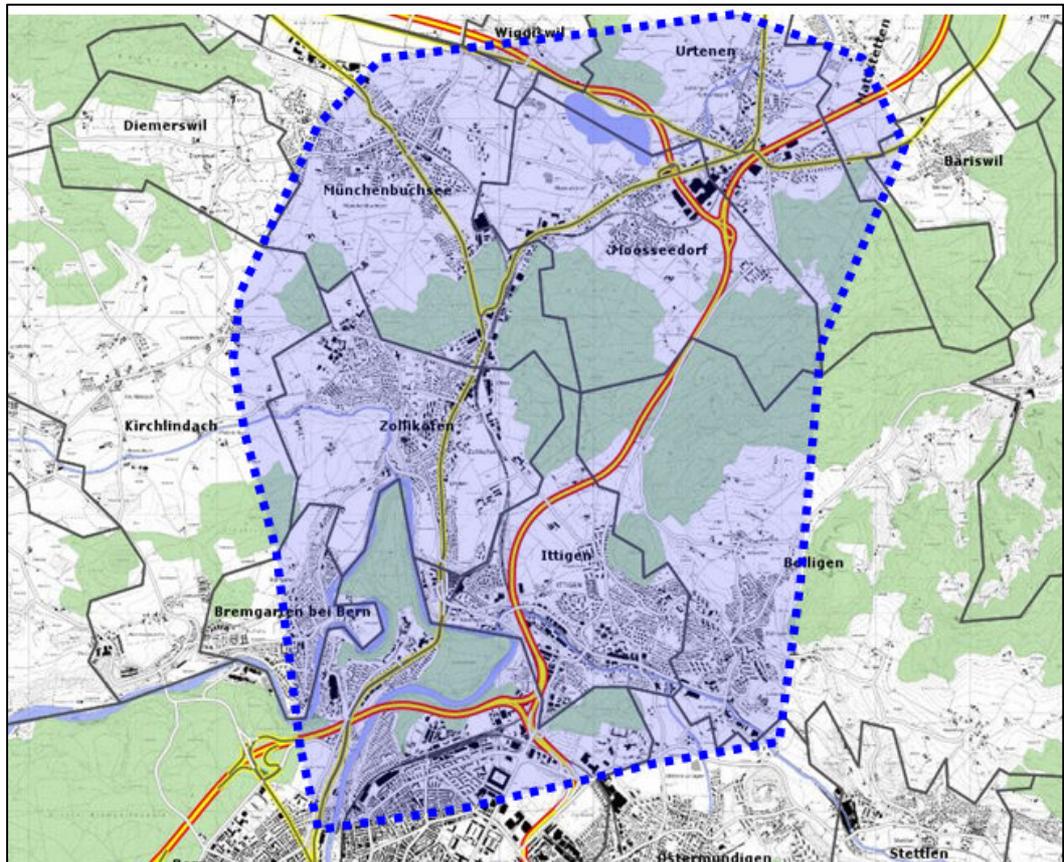


Abb. 19: Betrachtungsperimeter Bern Nord

## 9.2 Analyse Ist-Zustand

Im Rahmen einer Bestandesaufnahme und Verkehrsanalyse wurden die folgenden Punkte untersucht bzw. erhoben:

- Relevantes Strassennetz HLS und HVS (kantonal, kommunal)
- Verkehrsmessstellen und sonstige technische Infrastruktur
- Darstellung aller Knoten (Kreisel, LSA)
- Verkehrsqualität an Knoten und auf Strecken mit Rückstaulängen und ÖV-Behinderungen, dargestellt über den Tagesverlauf
- Reisezeitmessungen

Anhang IV enthält die entsprechenden Grafiken. Zusammenfassend stellt sich die folgende Ausgangslage:

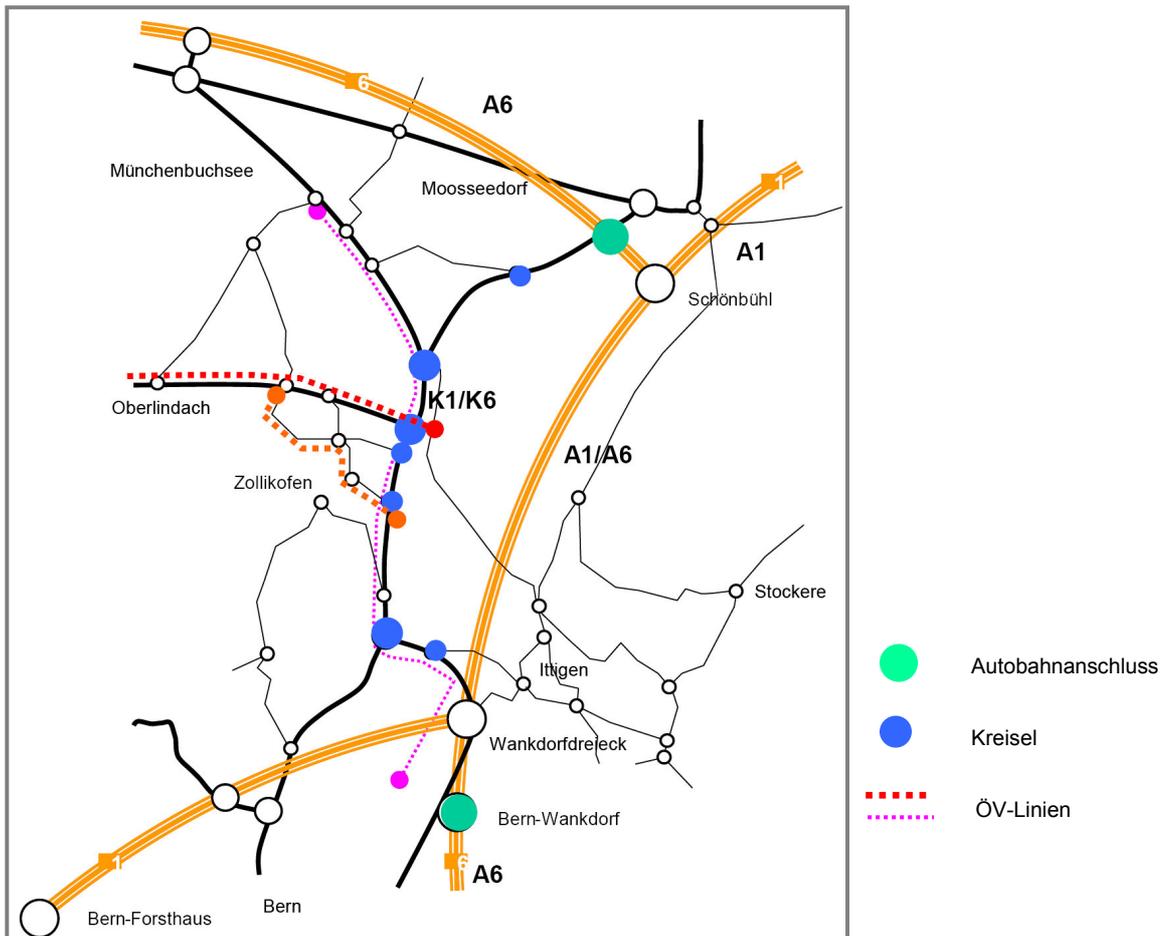


Abb. 20: Wesentliche verkehrliche Elemente im Betrachtungsperimeter (Übersicht)

Die A1/A6 zwischen Verzweigung Schönbühl und Wankdorf weist einen DTV von rund 100'000 Fahrzeugen auf, die A6 Richtung Biel einen DTV von 28'000 Fahrzeugen. Staufällig ist die gesamte Verzweigung Wankdorf inklusive Anschluss Bern-Wankdorf. Die Verzweigung Schönbühl weist eine Stauwurzel auf dem Fahrstreifen Richtung Biel aus Richtung Bern auf.

Die parallel verlaufende Kantonsstrasse 1/6 Moosseedorf/Münchenbuchsee-Zollikofen-Bern hat einen DTV von rund 20'000 Fahrzeugen. Die Verknüpfung der beiden Teilnetze erfolgt an den Anschlussstellen Schönbühl und Bern-Wankdorf (grün), beide mit LSA-gesteuerten Sekundärknoten, welche eine noch ausreichende Verkehrsqualität aufweisen. Zollikofen verfügt über eine langgestreckte Ortsdurchfahrt. Die Knoten sind grösstenteils als Kreisel (blau) ausgebildet, allerdings mit ÖV-Priorisierung (LSA, z.T. Busspu-

ren). Deren Verkehrsqualität liegt bei ausreichend bis mangelhaft. Während der Hauptverkehrszeiten kommt es auf dem beschriebenen Netz des öfteren zu Verkehrsüberlastungen, bei Überlastungen auf der HLS auch zu Ausweichverkehr auf die HVS (Kantonsstrasse) mit entsprechenden Auswirkungen auf die Ortsdurchfahrt Zollikofen (verstärkt Rückstaus an den Kreiseln).

Auf der erwähnten Kantonsstrasse verlaufen mehrere Buslinien von Postauto und Regionalverkehr Bern-Solothurn (RBS) Richtung Bern (15-Min-Takt) mit einem wichtigen Umsteigepunkt auf die S-Bahn am Bahnhof Zollikofen. Entsprechend resultieren bei den genannten Verkehrsüberlastungen Verspätungen und Anschlussbrüche beim ÖV-Knotenpunkt Zollikofen (Bus-S-Bahn).

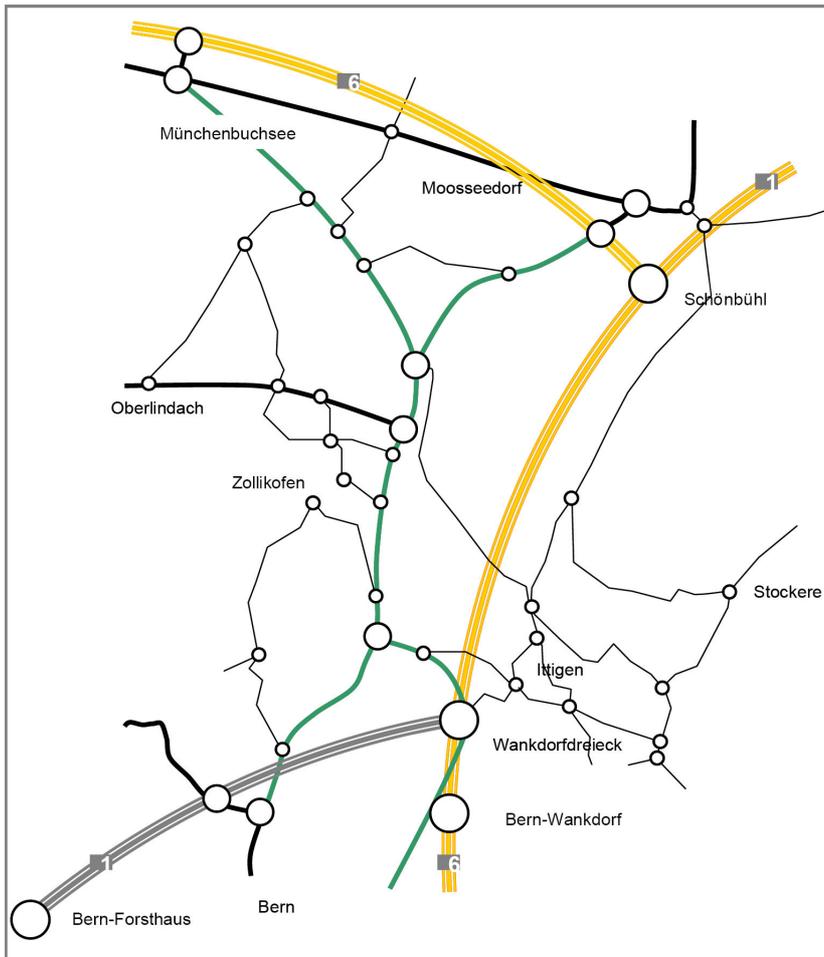
### 9.3 Angestrebter Zielzustand

Für den anzustrebenden Zielzustand wurde das verkehrsorientierte Netz (HLS und HVS) aufgeteilt in Abschnitte, wo der Verkehr fließen soll (HLS, Zentrumsgebiete) und wo gezielte Staus aufgrund von Dosierungen möglich sein sollen (HLS-Anschlüsse, HVS am Rande der Siedlungsgebiete). Die angestrebte bzw. bereits vorhandene technische Ausstattung (Erfassung von Verkehrsdaten, LSA, Kameras, Dosierstellen etc. vgl. auch Kapitel 10.1) wurde ebenfalls dokumentiert. Anhang V enthält die entsprechenden Grafiken. Nicht dargestellt ist die bereits im Ist-Zustand vorhandene Verkehrsbeeinflussungsanlage auf der A1 zwischen Verzweigung Wankdorf und Schönbühl (bzw. Kirchberg). Diese enthält mehrere Erfassungsquerschnitte mit variabler Geschwindigkeitsanzeige, Gefahrenwarnung und Wechseltextanzeigen.

## 9.4 Anwendung der Leitsätze und Handlungsgrundsätze

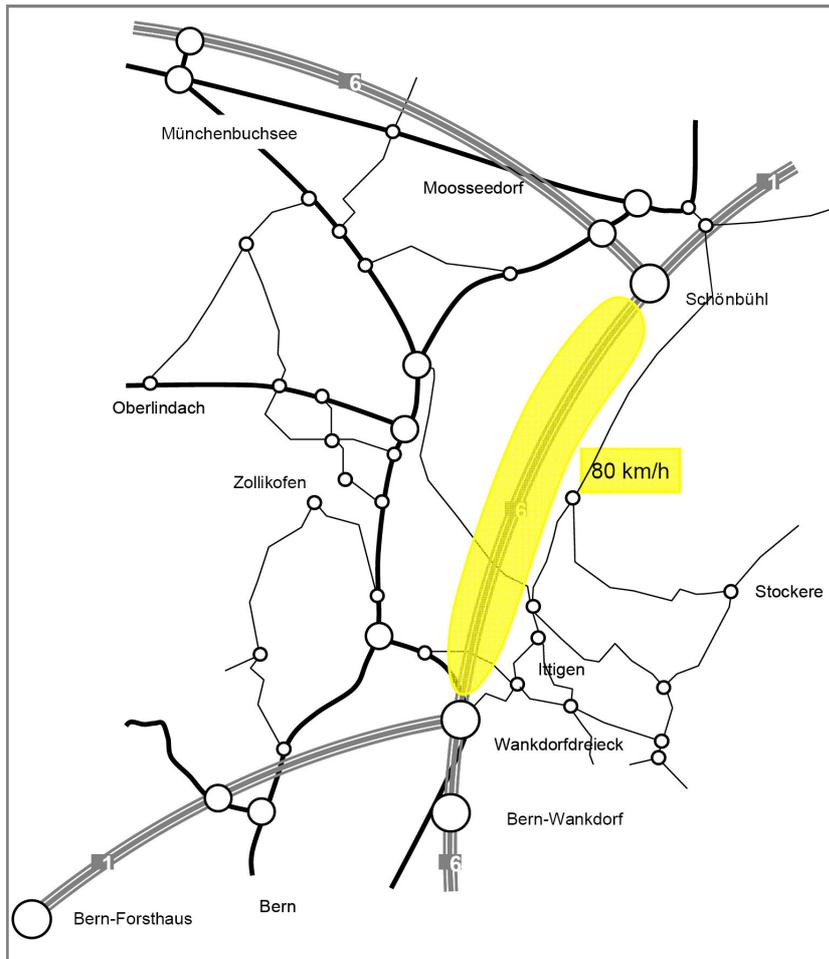
Es werden nachfolgend in Anlehnung an das in Kapitel 8.4 dargestellte Wirkungsgefüge für verschiedene typische Verkehrszustände die in Kapitel 8.2 vorgeschlagenen Leitsätze und Handlungsgrundsätze angewendet. Die erste Grafik enthält jeweils die Festlegung des Verkehrszustandes, die zweite die Darstellung der getroffenen Massnahmen und all-fällige Konflikte bzw. Prioritäten (vgl. auch Kapitel 8.2.1 / 8.2.2).

**Leitsätze: Verkehrssicherheit gewährleisten, Sicherstellung zuverlässiger Verkehrsfluss HLS**



Datenerfassung Schwellenwert	Verkehrszustand	Handlungsgrundsatz
HLS: VQS D-E, Auslastung > 0.9, noch keine Reisezeitverluste HVS: keine Reisezeitverluste ÖV: Fahrplaneinhaltung gewähr- leistet	HLS: an Kapazitätsgrenze <span style="color: orange;">—</span> HVS: Reserven <span style="color: green;">—</span>	Aufrechterhaltung stabiler Ver- kehrsfluss D-E durch Herabset- zung der Höchstgeschwindigkeit

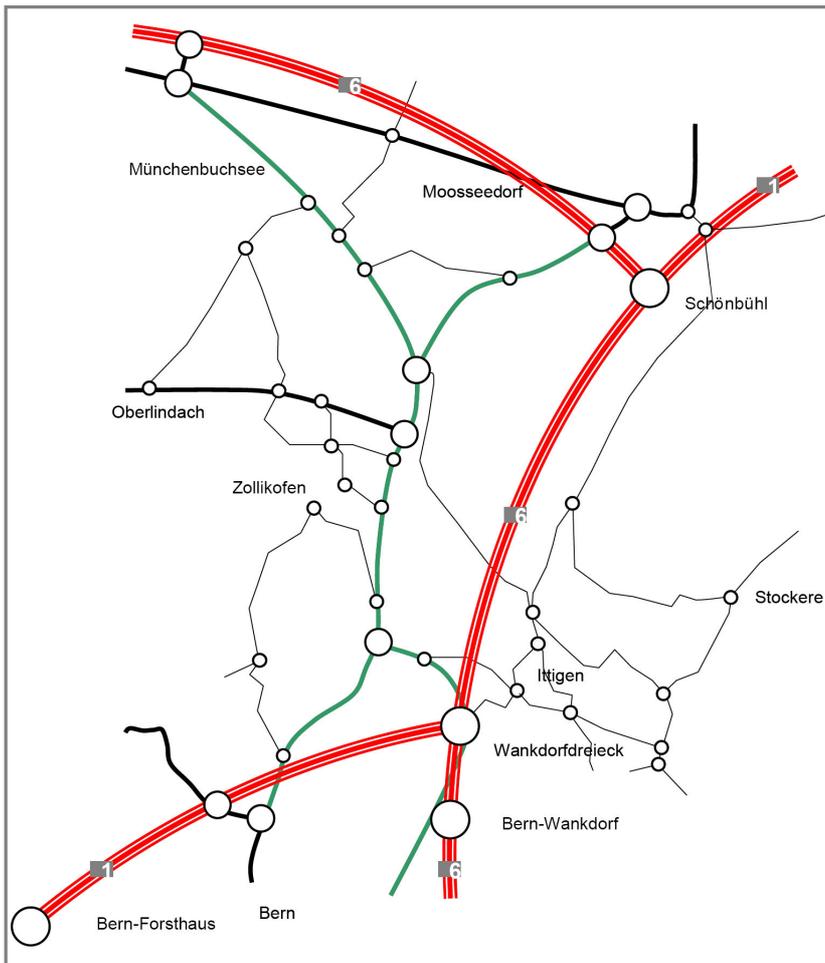
Erläuterung
Der Verkehrsfluss auf der HLS ist an der Grenze zur Instabilität.



Massnahmen HLS		Massnahmen HVS
Geschwindigkeitsharmonisierung durch dynamische v-Anzeige	80	keine

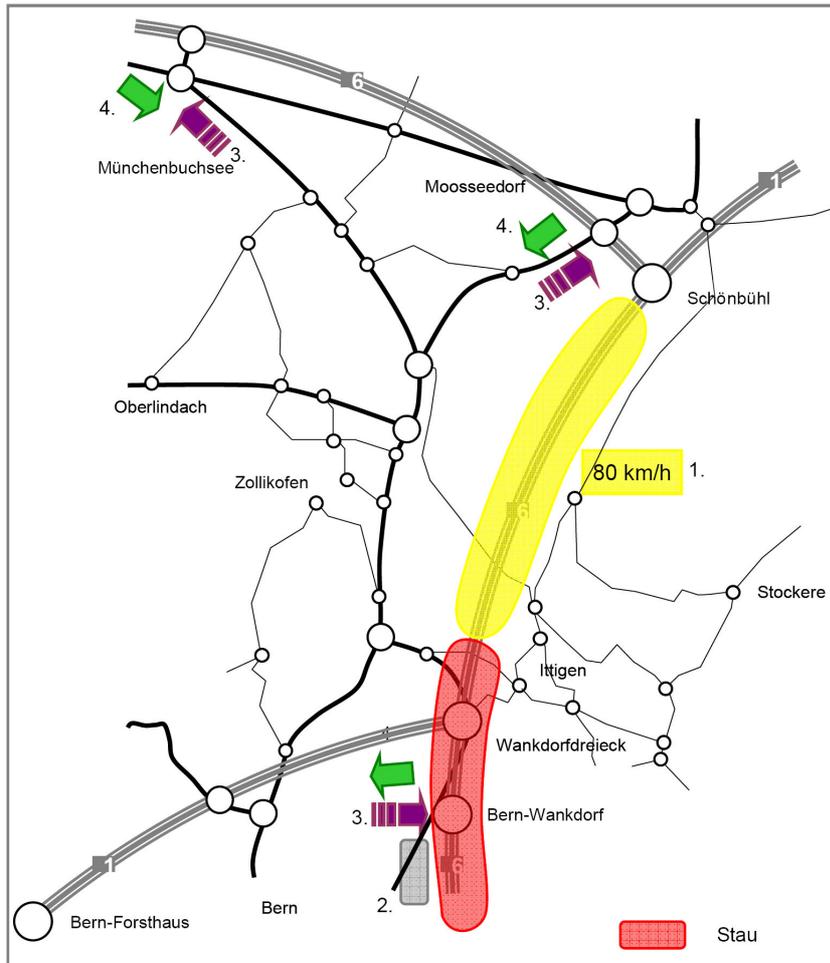
Erläuterung
<p>Als erste Massnahme wird die Höchstgeschwindigkeit reduziert. Der Abfluss von der HLS an den Anschlussstellen erfolgt normal, der Zufluss ebenfalls (ohne Dosierung).</p> <p>Konflikte zwischen den Teilnetzen und bei den Anschlüssen entstehen keine, Prioritäten sind keine erforderlich.</p>

**Leitsatz: Sicherstellung Verkehrsfluss HLS**



Datenerfassung Schwellenwert	Verkehrszustand	Handlungsgrundsatz
HLS: VQS F, Auslastung >1.0 Reisezeitverluste zwischen Schönbühl und Wankdorf 5 Minuten gegenüber VQS D → Schwellenwert für Zuflussdo- sierung HLS überschritten  HVS: keine Reisezeitverluste  ÖV: Fahrplaneinhaltung gewährleistet	HLS: Überlastung <span style="color: red;">—</span> HVS: Reserven <span style="color: green;">—</span>	Aufrechterhaltung/Wiederherstellung stabiler Verkehrsfluss D-E durch Zuflussdosierung und Pannenstrei- fenfreigabe

Erläuterung
Die HLS hat die Kapazitätsgrenze erreicht. Im Bereich der Verzweigung Wankdorf bildet sich eine Stauwurzel. Auf der parallel verlaufenden HVS wird noch eine Verkehrsqualität D erreicht.



Massnahmen HLS	Massnahmen HVS
Geschwindigkeitsharmonisierung	keine
Pannestreifenumnutzung (PUN) zwischen 2 Anschlüssen	
Zufussdosierung Autobahneinfahrt	
Mehr Grünzeiten für den Abflussverkehr HLS	

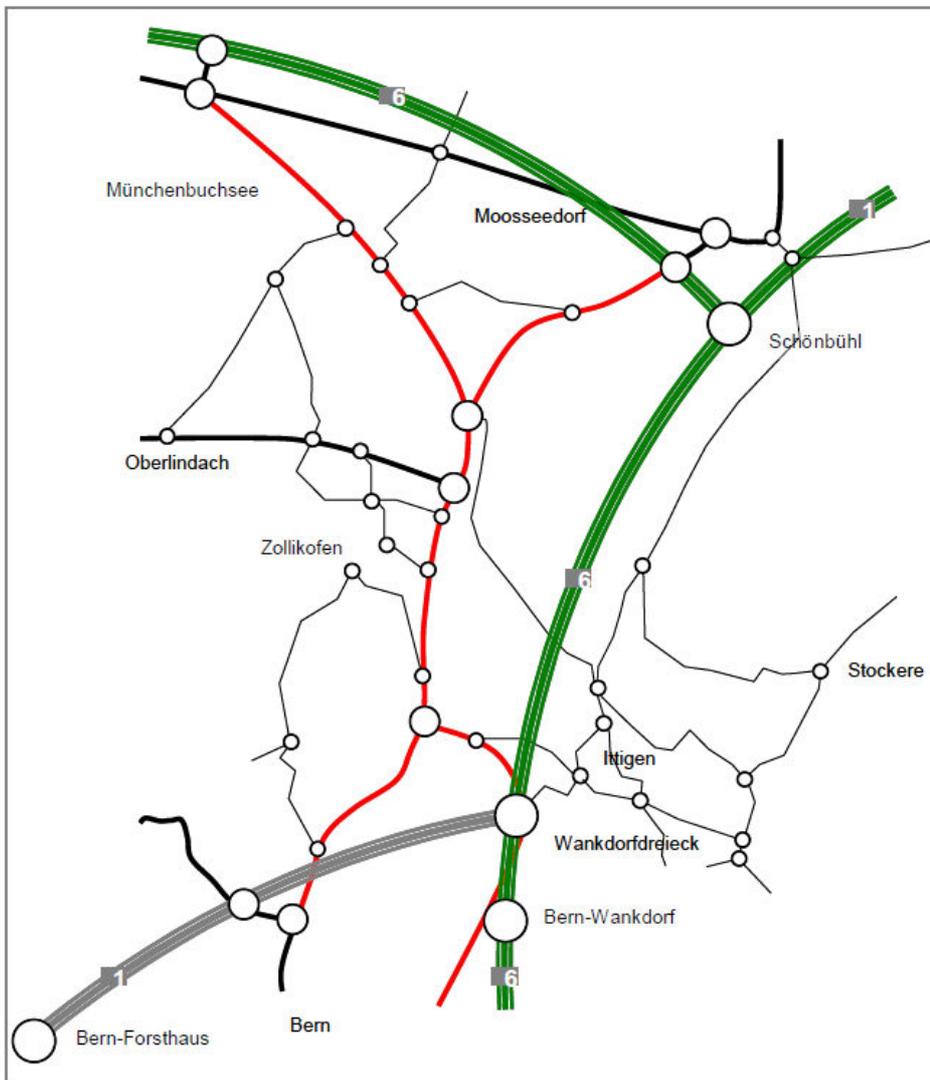
**Erläuterung**

An den Anschlussstellen wird für den abfliessenden Verkehr genügend Grünzeit zur Verfügung gestellt. Der zufließende Verkehr auf die HLS wird dosiert. Über Info-Tafeln wird die Wartezeit kommuniziert.

Im Bereich der Stauwurzel wird der Pannestreifen zwischen Anschluss Wankdorf und Anschluss Ostring (Richtung Thun) temporär freigegeben.

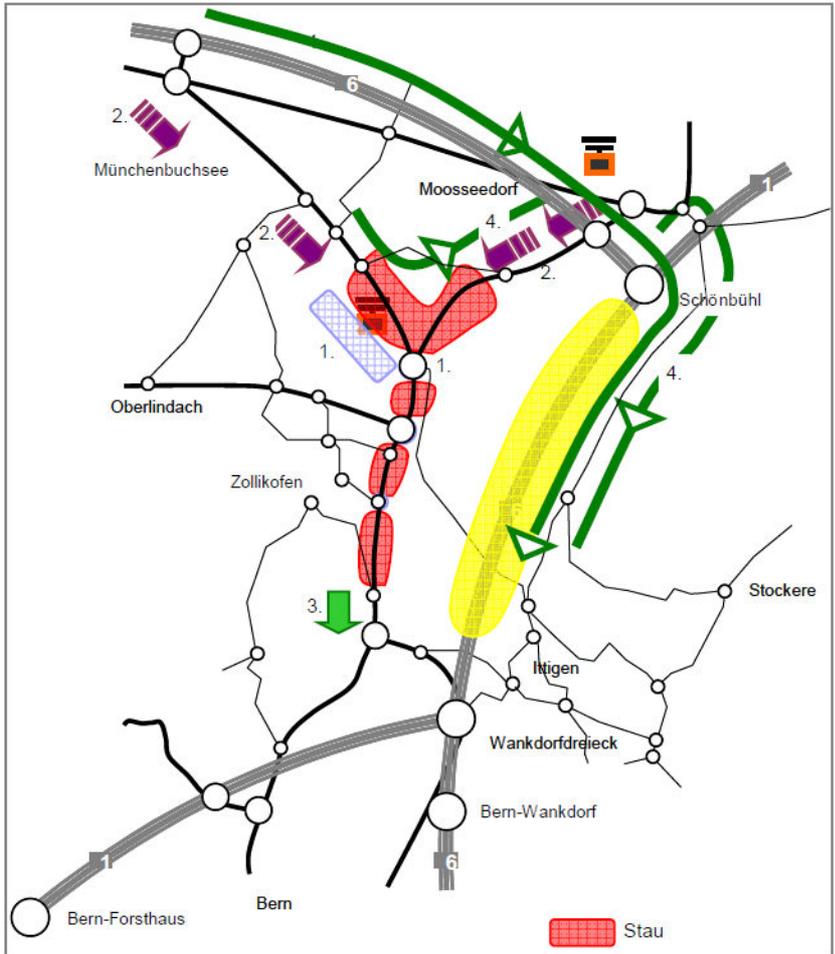
Konflikte: Bei der vorhandenen Massnahmenkonstellation besteht die Gefahr, dass Verkehr aus dem Raum Schönbühl Richtung Stadt Bern aufgrund der Zufussdosierung nicht die HLS, sondern die HVS durch Zollikofen benutzt (Leitsatz: Schutz von Siedlungsgebieten). Priorität hat aber die HLS, da bei einem Kollaps derselben erst recht Verkehr auf die HVS verlagert würde.

**Leitsätze: Einhaltung Fahrplan/Anschlusssicherung ÖV, Gewährleistung zuverlässiger Verkehrsfluss HVS, Schutz von Siedlungs- und Zentrumsgebieten**



Datenerfassung Schwellenwert	Verkehrszustand	Handlungsgrundsatz
HLS: VQS D, Auslastung > 0.8 keine Reisezeitverluste  HVS: Reisezeit $t$ über $t_{krit}$ bzw. Wartezeit $t$ an Knoten über $t_{krit}$  ÖV: Fahrplaneinhaltung nicht gewährleistet	HLS: Reserven <span style="color: green;">—</span> HVS: überlastet <span style="color: red;">—</span>	HVS: Aufrechterhaltung stabiler Verkehrsfluss D-E, bei Überlastung: Planbarkeit der Reisezeiten  Bei Bedarf Dosierung Verkehr in Stauräumen ausserhalb Siedlung (Überlastungsschutz) zwecks Aufrechterhaltung Verkehrsfluss in Siedlungsgebieten  ÖV: Priorsierung bei Knoten und Dosierstellen

Erläuterung
Die HLS weist noch Reserven auf. Auf der HVS bzw. Ortsdurchfahrten steigt die Reisezeit bzw. die Wartezeit an den Knoten über den festgelegten Schwellenwert. Es bilden sich Rückstaus, welche den strassengebundenen ÖV behindern und die Anschlusssicherung am ÖV-Knotenpunkt Zollikofen gefährden (Schwellenwert Fahrplanabweichung überschritten).



Massnahmen HLS	Massnahmen HVS
Info über Wechseltext betreffend Reisezeiten 	Knotendurchfahrt mit ÖV-Priorisierung 1. 
Geschwindigkeits-harmonisierung durch dynamische v-Anzeige 	Zuflussdosierung Knoten 2. 
	Mehr Grün für den Abflussverkehr 3. 
	Mehr Grün für Alternativrouten um den kritischen Punkt herum 4. 

**Erläuterung**

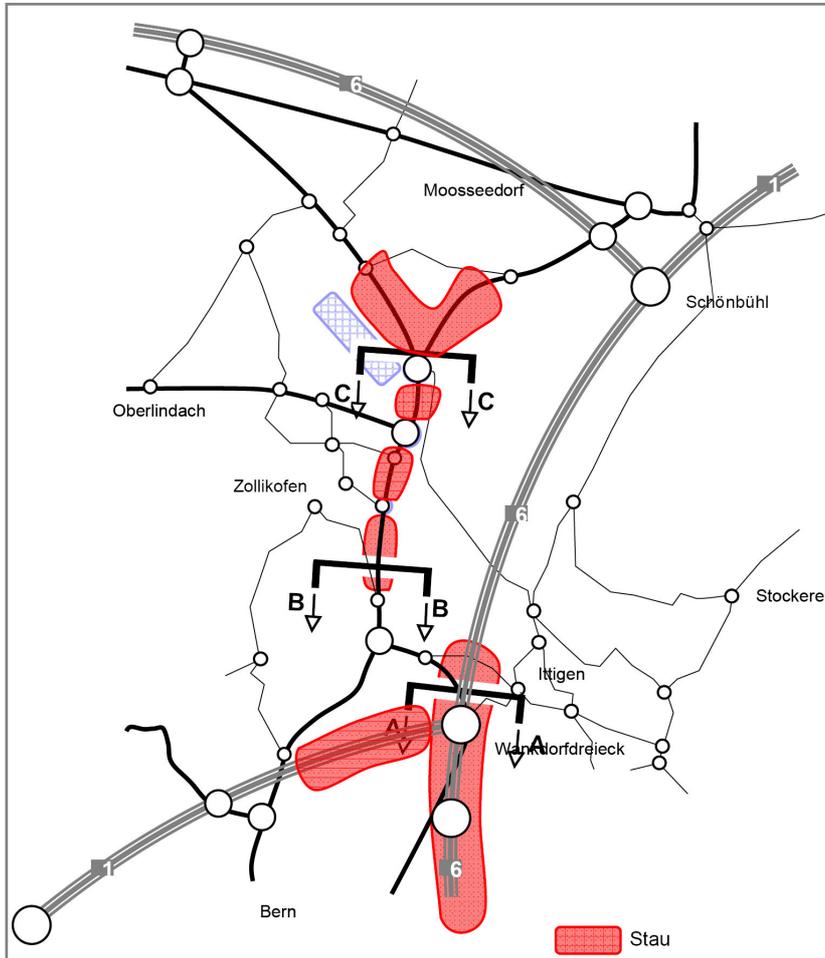
Der Verkehr auf der HVS Richtung Zollikofen aus Richtung Münchenbuchsee und Moosseedorf / Schönbühl wird am Knoten vor dem Siedlungsgebiet dosiert. Der ÖV wird im Rahmen der Möglichkeiten priorisiert. Im Bereich der Ortsdurchfahrt fliesst der Verkehr mit geringen Rückstaus an den Knoten. Der abfliessende Verkehr aus dem Siedlungsgebiet erhält die maximal mögliche Grünzeit. Auf der HLS wird mittels variabler Höchstgeschwindigkeit der Verkehrsfluss harmonisiert. Auf Info-Tafeln wird am Ortsrand von Zollikofen bzw. auf der HLS im Bereich Anschluss Moosseedorf/Schönbühl auf die Reisezeiten Richtung Bern über HLS bzw. HVS hingewiesen.

Konflikte: keine

Prioritäten: ÖV-Priorisierung gegenüber MIV auf HVS, dazu ist an der Dosierstelle ausserhalb Siedlungsgebiet eine Busspur notwendig. An den Knoten innerhalb Siedlungsgebiet sind die Rückstaus so gering, dass dies auch mit betrieblichen Mitteln möglich ist. Der Verkehrsfluss auf der HLS muss aufrechterhalten werden, andernfalls wird die HVS noch stärker belastet.

## 9.5 Betrachtung von personenbezogenen Verlustzeiten bei netzweiten Überlastungen

Bei netzweiten Überlastungen könnten Massnahmen so angewendet werden, dass die Summe der personenbezogenen Verlustzeiten minimiert wird. Die nachfolgende Darstellung zeigt beispielhaft auf, wie eine solche Betrachtung für die HVS mit strassengebundenem ÖV und die HLS aussieht.



Datenerfassung Schwellenwert	Verkehrszustand
<p>HVS: Reisezeit <math>t</math> über <math>t_{krit}</math> bzw. Wartezeit <math>t</math> über <math>t_{krit}</math></p> <p>ÖV: Fahrplaneinhaltung nicht gewährleistet</p> <p>HLS: VQS E-F, Auslastung <math>&gt; 1.0</math> Reisezeitverluste zwischen Schönbühl und Wankdorf 1-2 Minuten gegenüber VQS D → Schwellenwert für Zuflussdosierung HLS überschritten</p>	<p>HLS: keine Reserven</p> <p>HVS: keine Reserven</p>

Hochleistungsstrasse	MIV HVS	ÖV HVS
Schnitt A-A	Schnitt B-B	Schnitt C-C
Anzahl Fahrstreifen pro Richtung: 3	Anzahl Fahrstreifen pro Richtung: 1	Anzahl Busse pro Richtung: 3
Anzahl Fz pro Fahrstreifen: 1'300	Anzahl Fz pro Fahrstreifen: 700	Takt pro Stunde: 4
Anzahl Personen pro Fz: 1.2	Anzahl Personen pro Fz: 1.2	Anzahl Personen pro Bus: 50
Reisezeitverlust s/km: 180	Reisezeitverlust s/km: 900	Reisezeitverlust s/km: 600
Reisezeitverlust in h/km: 234	Reisezeitverlust in h/km: 210	Reisezeitverlust in h/km: 100
Gewichtung: 1	Gewichtung: 1	Gewichtung: 2
<b>Total Reisezeitverlust HLS in h: 234</b>	<b>Total Reisezeitverlust Kernagglomeration in h: 410</b>	

Erläuterung
Das Beispiel zeigt auf, dass bei Überlastungen (Stop and Go-Verkehr) die Summe der personenbezogenen Reisezeitverluste auf der HVS bei voll ausgelastetem strassengebundenem ÖV die Grössenordnung der HLS erreicht oder überschreitet. Es liegt nun jedoch nahe, dies nicht jedes Mal fallweise wieder neu zu betrachten, sondern daraus abzuleiten, dass der öffentliche Verkehr (in Agglomerationen und Städten) grundsätzlich eine optimale Priorisierung erhält, wo nötig auch über bauliche Eingriffe (quasi planerische Vorleistung für einen optimalen Betrieb).

## 9.6 Möglichkeit von baulichen Anpassungen

Die folgende Abbildung enthält für das vorliegende Fallbeispiel eine kurze summarische Einschätzung betreffend der Möglichkeiten der Umsetzung von baulichen Anpassungen, dies ohne Anspruch auf Vollständigkeit:

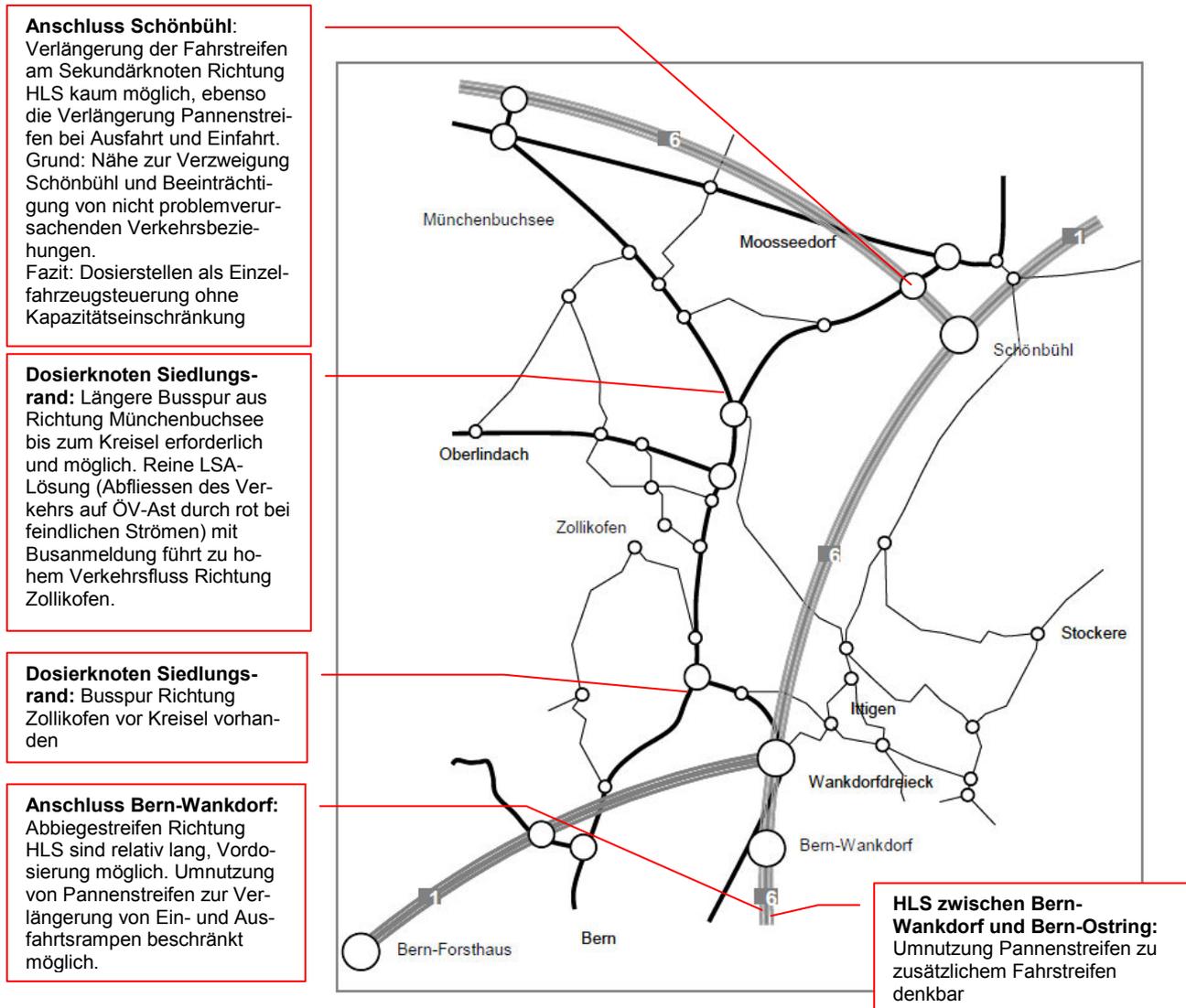


Abb. 21: Möglichkeit von baulichen Anpassungen an neuralgischen Stellen

## 9.7 Fazit und Rückschlüsse

Als Fazit aus dem Fallbeispiel resultieren die folgenden Punkte, welche für Verkehrsnetze in Städten und Agglomerationen grösstenteils verallgemeinert werden können:

- Aufgrund der hohen Verkehrsmengen und der hohen Grundauslastung besteht während der täglichen Spitzenstunden wenig Spielraum für Verkehrslenkung, dies gilt natürlich insbesondere für die Lenkung von Verkehr von der HLS auf die HVS. Gezielte Verlagerungen von der HVS auf die HLS sind dagegen denkbar.
- Die Aufrechterhaltung des Verkehrsflusses auf der HLS hat aufgrund der engen Wechselwirkung im Agglomerationsverkehr hohe Priorität. Das bedeutet nicht, dass bei Kapazitätsengpässen im Anschlussbereich Verkehr undosiert auf das HVS-Netz abgeleitet werden soll. Es sollten vielmehr durch bauliche oder markierungstechnische Anpassungen die Stauräume vergrössert werden, so dass Rückstaus auf die HLS nicht zu Behinderungen des Verkehrsflusses und Beeinträchtigung der Verkehrssicherheit führen.
- Möglich sind fallweise forcierte Abflüsse von der HLS auf die HVS zugunsten von kleinräumigen Verbesserungen, wie zum Beispiel Verhinderung von Rückstau auf die Stammfahrbahn. Diese müssen dann über Dosierungskonzepte auf der HVS zugunsten des Verkehrsflusses in Zentrumsgebieten aufgefangen werden.
- Ist die HLS an der Kapazitätsgrenze, so lässt sich der Nachfrageüberhang nur schwerlich über eine Rampenbewirtschaftung mit dem Ziel Staumanagement abbauen. Dazu würden sehr grosse Stauräume erforderlich mit Wartezeiten, welche bei den Verkehrsteilnehmern nicht auf Akzeptanz stossen. Eine Rampenbewirtschaftung erfüllt ihren Zweck vielmehr als Einzelfahrzeugsteuerung (Pulkauflösung) zur Verhinderung von Störungen im Einfahrtsbereich. Mit einer über mehrere Knoten des untergeordneten Netzes koordinierten Steuerung kann der Zufluss auf den Sekundärknoten am HLS-Anschluss jedoch so gesteuert werden, dass eine Überstauung im Anschlussbereich verhindert wird. Dazu sind vorhandene oder zu schaffende Stauräume auf dem untergeordneten Netz zu nutzen.
- Für eine optimale Ausnützung des Potenzials des Verkehrsmanagements sind kleinere bauliche Anpassungen unerlässlich (vgl. Kapitel 10.3). Nur so kann der effektiv problemverursachende Verkehr gesteuert werden, was der Akzeptanz und Wirksamkeit förderlich ist.
- Der strassengebundene ÖV kann nur in einem relativ engen Rahmen über LSA-Steuerungen priorisiert werden. Für eine wirksame Priorisierung auch bei hohen Belastungen bzw. Überlastungen sind bauliche Anpassungen zur Ermöglichung von Eingentrassesees unerlässlich.
- Das Prinzip der Minimierung der Summe der personenbezogenen Verlustzeiten als Entscheidungshilfe im täglichen Betrieb bei Überlastungen im Gesamtnetz (HLS und HVS) ist nur bedingt praxistauglich. Da in städtischen Bereichen wie auch in der Agglomeration während der Pendlerspitzen der ÖV in der Regel zu 100% ausgelastet und der Fahrzeugbesetzungsgrad beim MIV ebenfalls bekannt ist und nicht gross variiert, ergibt sich faktisch eine statische Ausgangslage. Kommt erschwerend hinzu, dass bei entsprechenden Massnahmen das Verhältnis der Verlustzeiten schnell wieder kippen kann, was wieder zu neuen Massnahmen führt (kurzfristige Wirksamkeit von Massnahmen vorausgesetzt).
- Daraus kann (für Städte und Agglomerationen) die folgende Strategie bei Überlastung des Gesamtnetzes abgeleitet werden: ÖV durch möglichst umfangreiche bauliche und betriebliche Massnahmen vom MIV entflechten (permanente Priorisierung). HLS gegenüber HVS priorisieren, auf HVS Stauräume in möglichst wenig empfindlichen Bereichen schaffen und diese planerisch sicherstellen.

Darüber hinaus stellt sich die Frage nach dem Nutzen bzw. dem Kosten-Nutzen-Verhältnis von vernetzten Steuerungen.

Eine Umsetzung eines regionalen Konzeptes (technische Ausrüstung) wie im Fallbeispiel vorgestellt (vgl. auch Kap. 10.1), kostet schnell einmal einen 2-stelligen Millionenbetrag.

Dazu kommen noch laufende Betriebskosten für Unterhalt und Personal.

Was für Nutzenbeiträge stehen dieser Investition (und Betrieb) gegenüber? Der Nutzen der u.a. im Fallbeispiel dargestellten Massnahmen kann folgendermassen qualitativ zusammengefasst werden<sup>1</sup>:

Grundsätzlich wird bezüglich der in Tabelle Anhang III aufgeführten Indikatoren eine positive Entwicklung gegenüber einem unbeeinflussten Zustand erwartet. Diese Indikatoren können in drei Hauptelemente zusammengefasst werden, welche sind:

- Nutzen durch verminderte Zeitkosten
- Nutzen durch erhöhte Zuverlässigkeit des Verkehrssystems
- Nutzen durch verminderte Unfallkosten

Darüber hinaus resultieren weitere Nutzenkomponenten durch verminderte Umweltkosten wie auch Fahrzeugbetriebskosten, welche jedoch in ihrer Höhe gegenüber den oben genannten zurückstehen dürften.

In Anlehnung an Trapp 2009 kann der Sachverhalt in folgender Darstellung zusammengefasst werden:

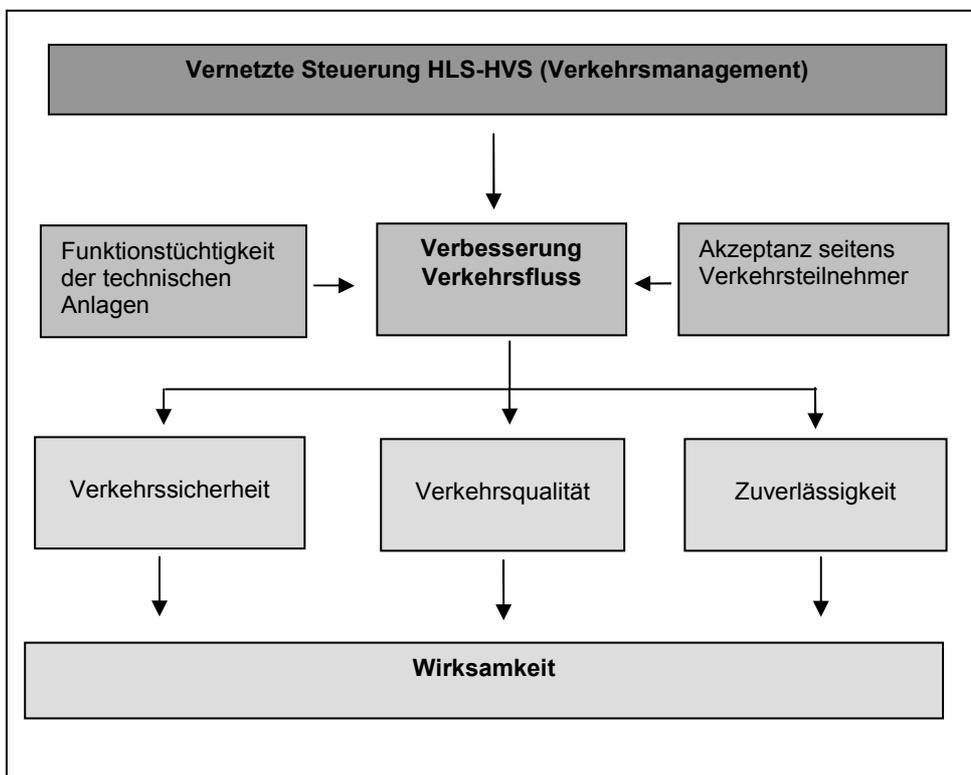


Abb. 22: Ermittlung der Wirksamkeit

<sup>1</sup> Eine quantitative Ermittlung des Nutzens ist sehr aufwändig und sprengt den Rahmen dieser Forschungsarbeit. Dazu wären u.a. sehr umfangreiche Modellierungen notwendig.

SN 641 822 enthält pauschale Werte für Zeitkosten nach Verkehrszweck und Verkehrsmittel, welche im Rahmen einer quantitativen Analyse verwendet werden könnten. Einen Hinweis diesbezüglich liefert VSS 22/99, wo für eine Rampenbewirtschaftung bei der Einfahrt Baden-West auf die A1 Richtung Zürich eine Kosten-Nutzen-Betrachtung unter Beschränkung auf die Nutzenkomponente Zeitkosten vorgenommen wurde mit dem Resultat, dass der monetäre Nutzen die Kosten überwiegt.

Zuverlässigkeit wird gemäss Norm SN 641 825 verstanden als *Fahrzeit, die ein Reisender früher oder später als erwartet am Ziel eintrifft. Ein Strassensystem ist umso zuverlässiger, je grösser die Wahrscheinlichkeit ist, zur erwarteten Zeit am Ziel anzukommen. Die Zuverlässigkeit ist für die Verkehrsteilnehmer somit umso höher, je geringer die Streuung der tatsächlichen Fahrzeitverteilung ist.* Die Norm enthält Angaben zu Kostenätzen diesbezüglich.

Schliesslich enthält die Norm SN 641 824 Ansätze für Unfallkosten. Diese würden dann vornehmlich auf der HLS zur Anwendung kommen, wo aufgrund von weniger Staustunden und harmonisiertem Verkehrsfluss eine Verminderung von Unfällen erwartet werden darf (vgl. u.a. Trapp 2009).

## 10 Aspekte der Umsetzung

### 10.1 Technische Ausrüstung

Die permanente Bestimmung des Verkehrszustandes des Strassennetzes im Betrachtungsperimeter (Datenerfassung und Datenverarbeitung) und Übermittlung von Steuerungs- und Lenkungsmassnahmen an die Verkehrsteilnehmer erfordert eine umfangreiche technische Ausrüstung, die im Wesentlichen aus den folgenden Elementen besteht (vgl. Abb. 23):

- Online-Verkehrszählstellen für die Erfassung der Verkehrsmengen und Geschwindigkeiten
- Ausrüstung zur Rückstauerfassung
- Kameras<sup>2</sup> für die Reisezeiterfassung von Einzelfahrzeugen
- Videokameras für die Verkehrsbeobachtung (z.B. Rückstaus) an neuralgischen Stellen
- Lichtsignalanlagen für die Verkehrsdosierung mit/ohne ÖV-Priorisierung
- Informationstafeln zur Information der Verkehrsteilnehmer über die aktuelle Verkehrslage, Reisezeiten und zu ausserordentlichen Ereignissen
- Streckenbeeinflussungsanlagen mit Wechselsignalen, Wechseltext und Wechselwegweisung (HLS)
- Dazu kommt die Systemtechnik mit Gebietsrechner und Leitzentrale und die kommunikationstechnischen Verbindungen zwischen den einzelnen Modulen (funk- und kabelbasiertes Netzwerk) inkl. allfälliger Schnittstellen zu Nachbarmodulen wie z.B. einer ÖV-Leitzentrale.

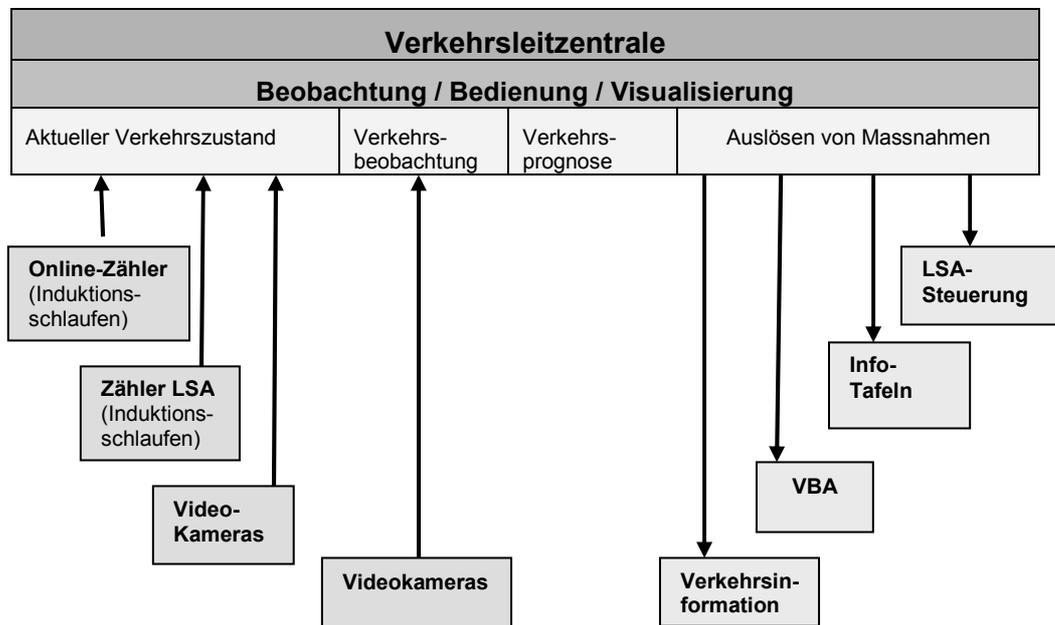


Abb. 23: Übersicht technische Ausrüstung

<sup>2</sup> z.B. Automatic Number Plate Recognition (Videokameras mit digitaler Bildauswertung)

## 10.2 Organisatorische Aspekte

Die in Kapitel 8.4 beschriebene Erfassung von Messgrössen, Schwellenwerten, Verkehrszustand und die Auslösung von Massnahmen muss von einer entsprechenden Organisation, einer Leitzentrale, vorgenommen werden.

Vor dem Hintergrund der in Kapitel 1 beschriebenen Ausgangslage mit den verschiedenen Zuständigkeiten für das Strassennetz an der Schnittstelle HLS/HVS stellt sich die Frage der Verantwortlichkeiten für das netzübergreifende Verkehrsmanagement.

Grundsätzlich sind zwei Organisationsmodelle möglich und in der Praxis auch bereits anzutreffen. Beide Modelle stellen denkbare Lösungen dar, ein Entscheid für das eine oder andere Modell muss situativ gefällt werden.

Beim ersten Organisationsmodell sind die Verantwortlichkeiten nach dem Territorialprinzip organisiert (vgl. Abb. 24). Das heisst, die Strasseneigentümer treffen die Massnahmen auf ihrem Netz aus getrennten Leitzentralen selber. Dies jedoch durchaus auf Basis eines gemeinsamen Regelwerks. Der Koordinations- und Informationsaustausch ist entsprechend hoch. Die Gefahr, dass die Entscheidungen tendenziell teilnetzbezogen fallen, ist zudem gegeben. Dafür sind aus Sicht Nationalstrasse Massnahmen im Betrachtungsperimeter, welche aus überregionalem Interesse getroffen werden müssen, leichter umsetzbar

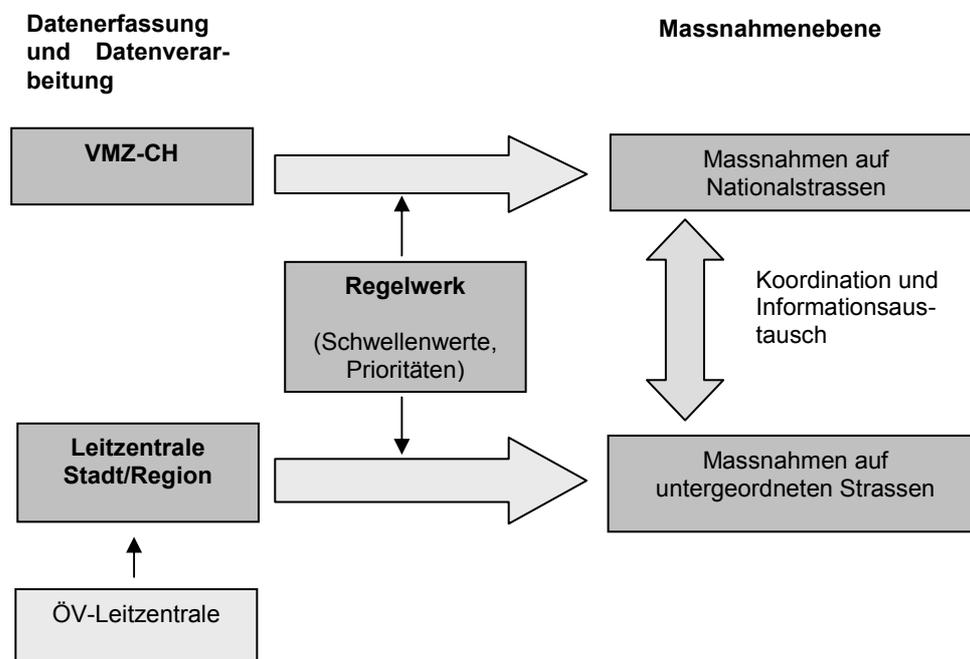


Abb. 24: Organisation mit getrennten Zuständigkeiten

Die zweite Organisationsform besteht darin, die Verantwortlichkeiten in einer speziell für das netzübergreifende Verkehrsmanagement geschaffenen regionalen Leitzentrale zusammenzufassen (vgl. Abb. 25). Dabei werden die Entscheide in einer von den involvierten Strasseneigentümern gemeinsam getragenen regionalen Leitzentrale getroffen. Gerade bei komplizierten Netzen im betreffenden Perimeter kann so von einem effizienteren Betrieb ausgegangen werden. Der Koordinationsbedarf ist deutlich geringer, die Sicht auf das Gesamtnetz gestärkt.

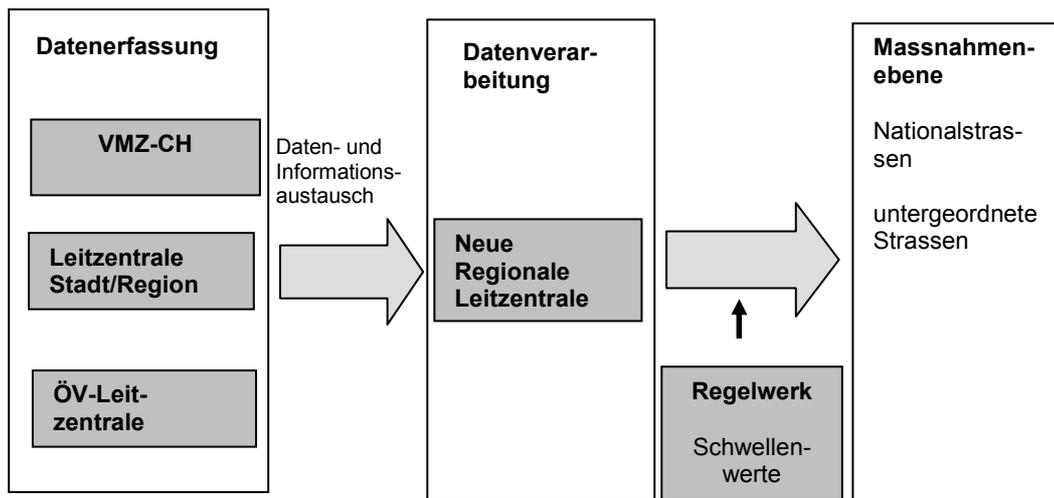


Abb. 25: Organisation mit neuer regionaler Leitzentrale

## 10.3 Bauliche Anpassungen bei der Anwendung von Massnahmen

### 10.3.1 Übersicht

Betreffend einer systematischen Darstellung von Anschlussbauwerken (Raute, Trompete, Kleeblatt) und Ein- und Ausfahrtstypen (einstreifig/zweistreifig, Fahrstreifenaddition/-subtraktion etc.) sei an dieser Stelle auf Bühlmann 2011 verwiesen.

Die nachfolgenden Erläuterungen fokussieren auf den Aspekt, mit welchen relativ einfachen baulichen oder allenfalls nur markierungstechnischen Anpassungen die in den vorangehenden Kapiteln besprochenen Steuerungsmassnahmen wirkungsvoll unterstützt werden können. Sie unterstützen insbesondere die Steuerungsmassnahmen zur Vermeidung der in Kapitel 4.2 dargestellten typischen Überlastungsfälle im Anschlussbereich.

Abbildung 26 enthält eine Übersicht von möglichen Anpassungen.

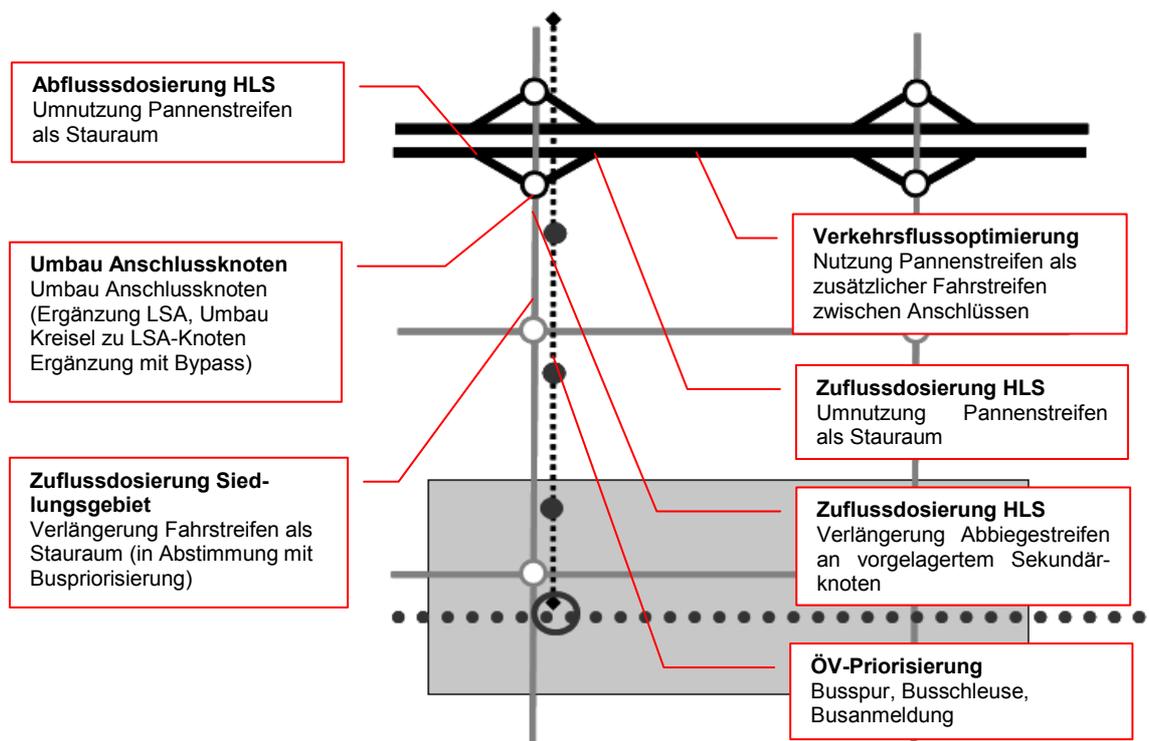


Abb. 26: Übersicht bauliche Anpassungen

### 10.3.2 Bauliche Anpassungen im Einzelnen

#### Abflussdosierung HLS

Die Umnutzung des Pannenstreifens zu einem verlängerten Ausfahrtsfahrstreifen (Abb. 27) wie die Umnutzung des Pannenstreifens auf der Ausfahrtsrampe zur einer zweistreifigen Rampe (Abb. 28) dienen dazu, den Stauraum für eine Abflussdosierung am Sekundärknoten zu vergrößern. Damit erhöht sich der Spielraum bei Dosierungen und die Gefahr von Rückstaus auf die Stammfahrbahn der HLS verringert sich.

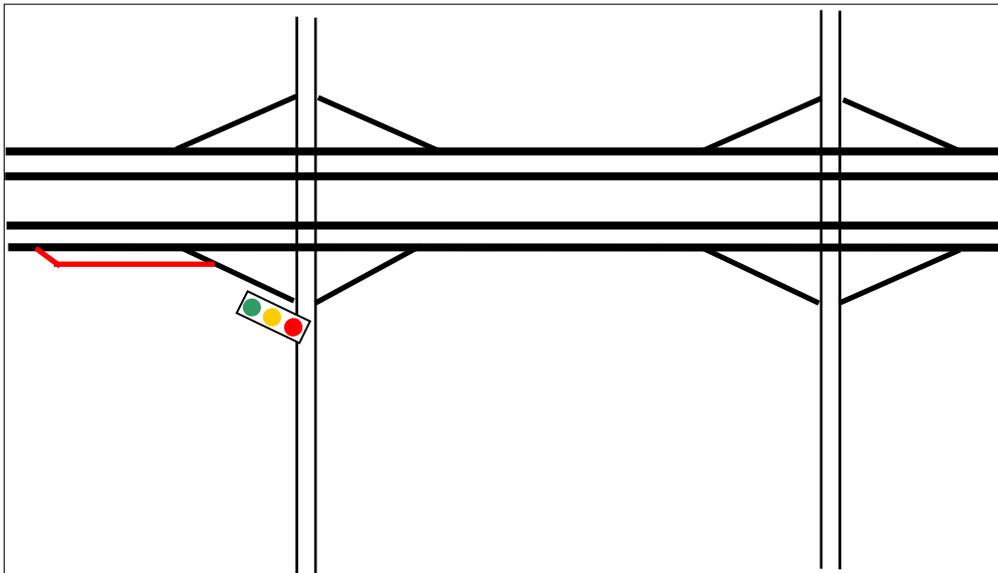


Abb. 27: Verlängerung Ausfahrt durch Umnutzung Pannenstreifen

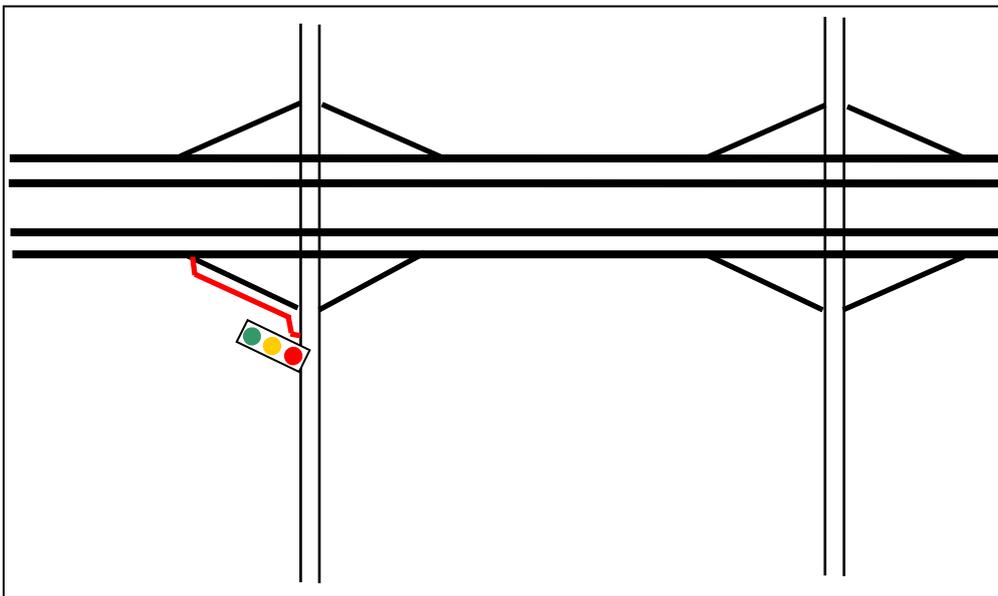


Abb. 28: Zweistreifige Ausfahrt durch Umnutzung Pannenstreifen auf Ausfahrtsrampe

### Zuflussdosierung HLS

Auch bei der Zuflussdosierung zur HLS bieten sich grundsätzlich verschiedene Möglichkeiten, Stauräume zu vergrößern (die konkrete Ausgestaltung muss einzelfallweise beurteilt werden). Bereits vor dem Sekundärknoten kann der Fahrstreifen Richtung HLS verlängert werden, so dass effektiv auch nur der Verkehr Richtung HLS dosiert wird (Abb. 29). Darüber hinaus bieten sich wie bei der Ausfuhrtdosierung die Möglichkeit, auf der Einfahrtsrampe wie auch nach der Einfahrt den Pannestreifen als zusätzlichen oder verlängerten Fahrstreifen umzunutzen (Abb. 30 und 31).

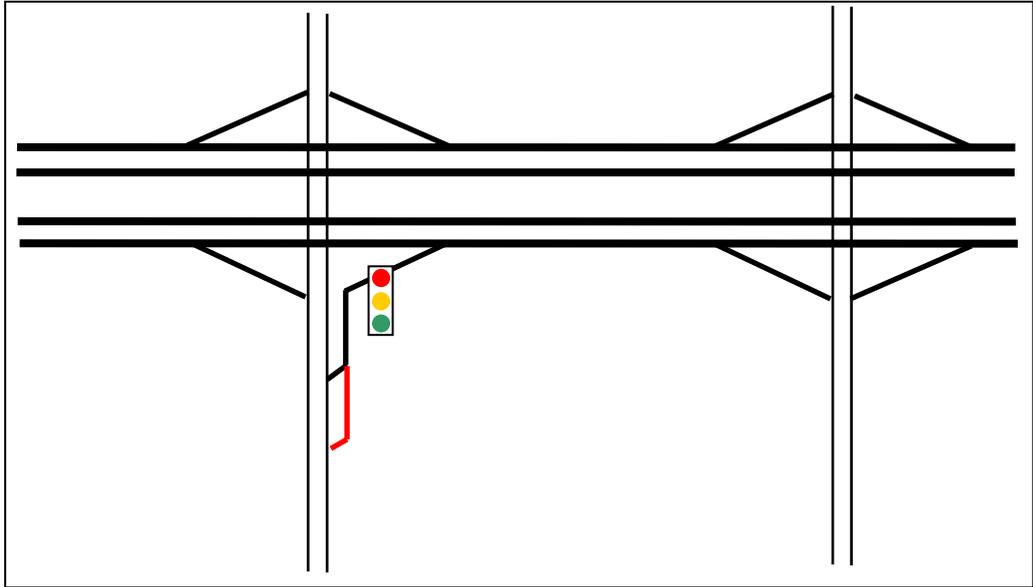


Abb. 29: Verlängerung Abbiegestreifen an vorgelagertem Sekundärknoten

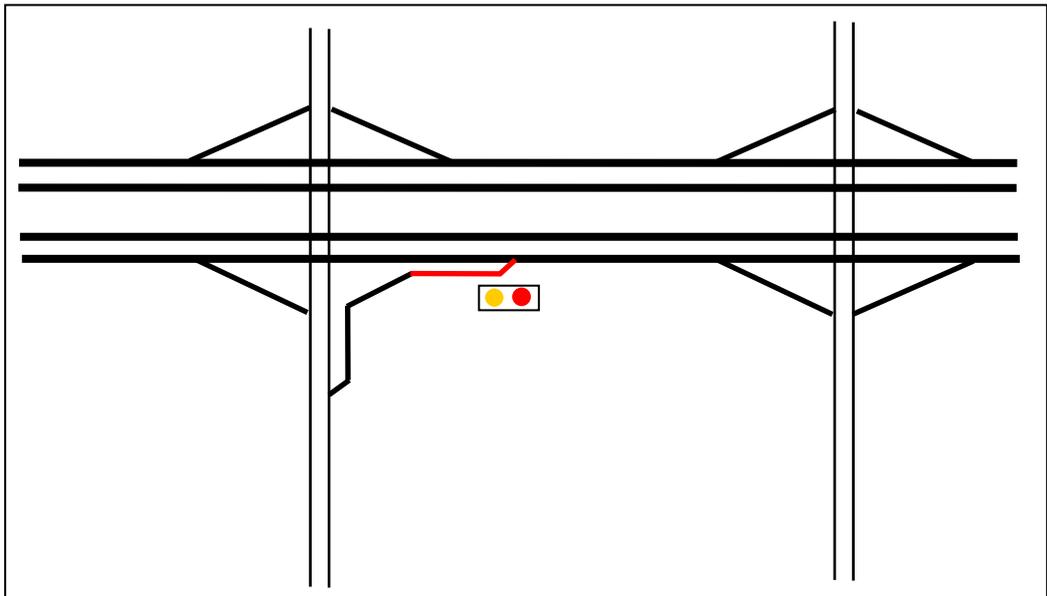


Abb. 30: Verlängerung Einfahrt durch Umnutzung Pannestreifen

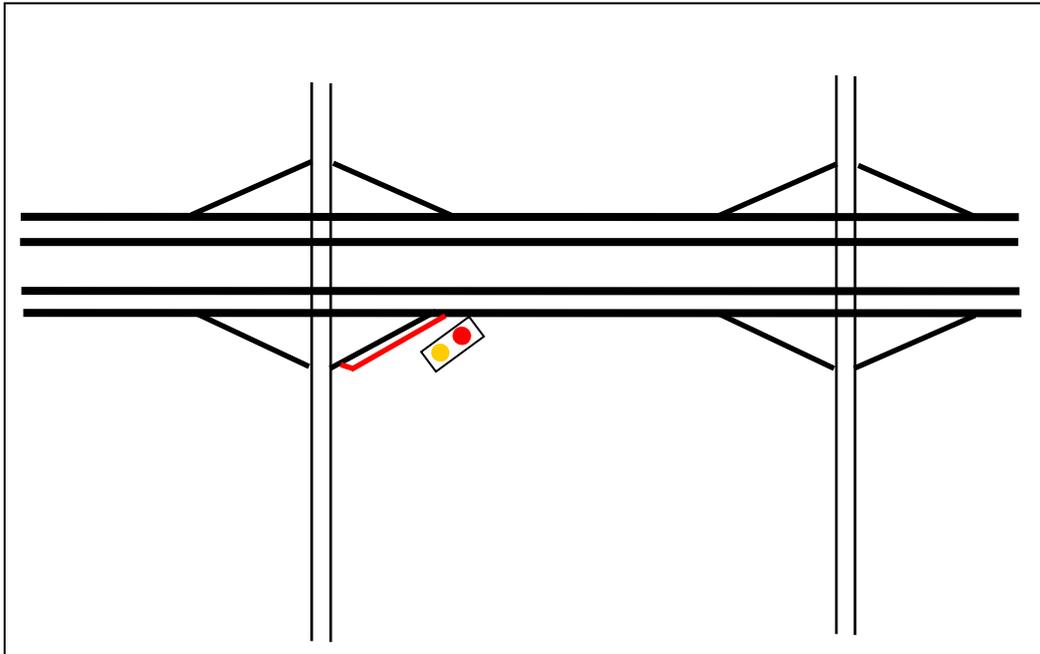


Abb. 31: Zweistreifige Einfahrt durch Umnutzung Pannestreifen auf Einfahrtsrampe

#### Verkehrsflussoptimierung im Bereich von Anschlüssen

Als weitergehende Massnahmen zur Verkehrsflussoptimierung bietet sich die Umnutzung des Pannestreifens zwischen zwei Anschlüssen (permanent oder temporär, Abb. 32) an. Diese kann vor allem dann in Betracht gezogen werden, wenn ein hoher Anteil der Einfahrenden die HLS bei der nächsten Ausfahrt wieder verlässt (geringe Verflechtungen). Die Massnahme führt zu einer, allerdings relativ geringen Kapazitätssteigerung. Für Voraussetzungen und Ausgestaltung sei auf die Norm SN 640 807 verwiesen.

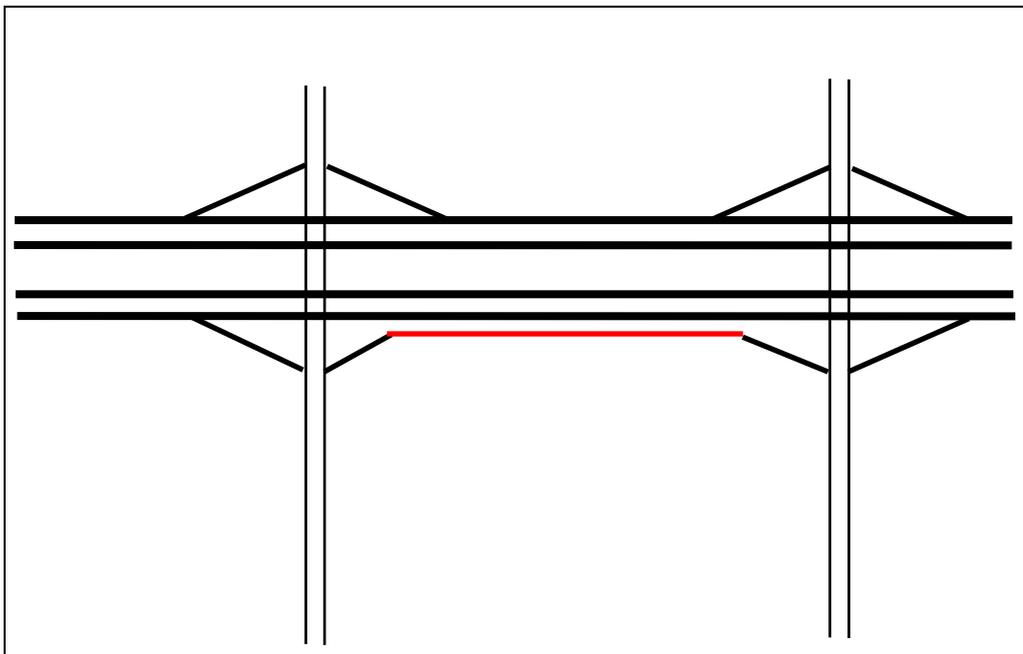


Abb. 32: Nutzung Pannestreifen zwischen zwei Anschlüssen als zusätzlicher Fahrstreifen

### Zuflussdosierung Siedlungs- oder Zentrumsgebiet (inkl. Buspriorisierung)

An weiteren (LSA-)Knoten z.B. Richtung Siedlungsgebiet können ebenfalls Fahrstreifen für eine optimale Dosierung verlängert werden. Es bietet sich z.B. die Möglichkeit, Abbiegestreifen mit Verkehr, welcher von der Dosierung nicht betroffen sein sollte, zu verlängern (Abb. 33). Diese können dann z.B. auch noch mit einer Buspriorisierung verknüpft werden (Busschleuse, für weitere Möglichkeiten der Buspriorisierung sei auf SVI 2001/513 verwiesen).

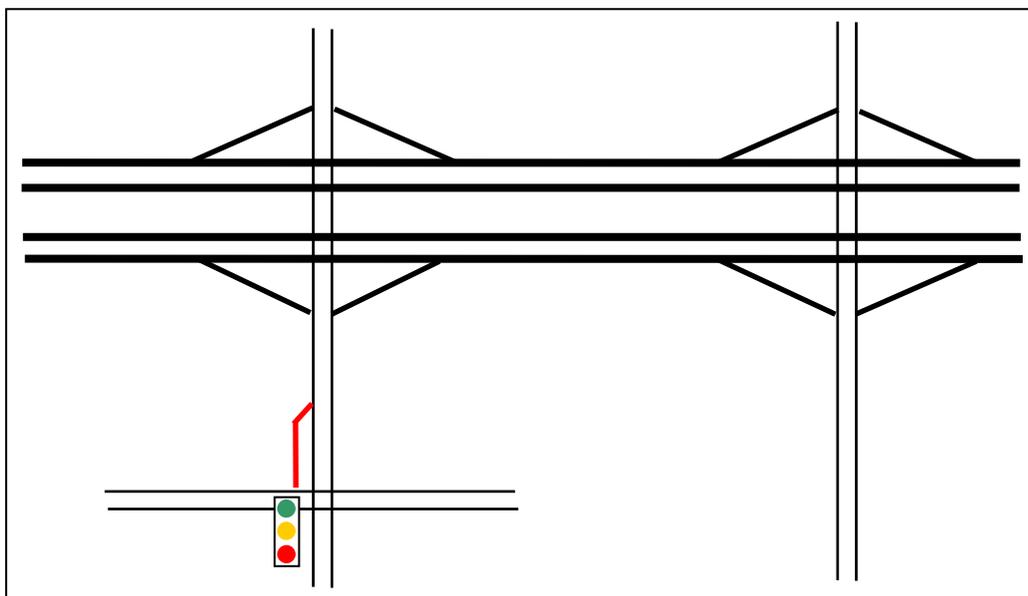


Abb. 33: Zusätzlicher Fahrstreifen oder Verlängerung bestehender Fahrstreifen an Nachbarknoten

### Ausgestaltung Sekundärknoten

Bei der Regelungsform des Sekundärknotens bietet eine LSA-Regelung natürlich die besten Möglichkeiten, den Verkehr zu steuern und sicher zu gestalten (z.B. auch für den Langsamverkehr, gerade in städtischen Bereichen). Eine LSA-Regelung bietet sich folglich für die Anschlussstypen gemäss den Abbildungen 6, 8 und 10 an. Kreisel müssen bei strassengebundenem öffentlichem Verkehr häufig mit Busspuren und einschaltbaren Lichtsignalanlagen ergänzt werden.

Eine weitere Möglichkeit, bestehende Anschlussformen baulich zu verbessern, bietet sich z.B. beim halben Kleeblatt, indem der am Sekundärknoten nach links und rechts abbiegende Verkehr durch eine direkt abgehende Ausfahrtsspur entflechtet wird (nur noch Rechtseinbiegen). Diese Lösung bietet dann auch wieder mehr Möglichkeiten zur Ausfahrtdosierung (weniger Verkehr pro dosierten Ausfahrtsast, weniger Stauraum erforderlich).

## 10.4 Politische Umsetzung

Neben der technischen Umsetzung ist auch der politischen Umsetzung Beachtung zu schenken. Die Finanzierung der technischen Ausrüstung und die laufenden Kosten des Betriebs müssen von der Politik und z.T. dem Stimmvolk bewilligt werden. Dabei stellt sich häufig das Problem, dass im Betrachtungsperimeter neben dem Bund und Kanton auch diverse Gemeinden zu den Strasseneigentümern gehören. Die planerische und technische Konzeption folgt verkehrstechnischen Notwendigkeiten und nimmt in der Regel keine Rücksicht auf Gemeindegrenzen. Das führt dazu, dass Lasten und Nutzen von Massnahmen nicht gleichmässig über die Gebietskörperschaften verteilt sind. Entsprechend schwierig kann die Umsetzung sein.

## 11 Folgerungen und Empfehlungen

Zusammenfassend können die folgenden Punkte festgehalten werden:

- Die Steuerung an der Schnittstelle HLS-HVS im städtischen Bereich oder in der Agglomeration kann nicht isoliert betrachtet werden, sondern muss in eine Gebietslösung (z.B. Korridor) integriert werden. Dies insbesondere deshalb, weil die Auswirkungen der Steuerungsmassnahmen häufig nicht auf den Anschlussbereich beschränkt bleiben.
- Schnittstellen HLS-HVS bzw. die entsprechenden Teilnetze lassen sich besser aufeinander abstimmen, wenn für die Steuerungsmassnahmen ein Regelwerk bestehend aus Leitsätzen und konkretisierenden Handlungsgrundsätzen definiert wird. Diese Handlungsgrundsätze, welche die Grundlage für das operative Verkehrsmanagement sind, definieren auch, wie mit Interessenskonflikten umgegangen wird.
- Eine spezielle Herausforderung stellt die Festlegung von widerspruchsfreien Leitsätzen dar. Im Rahmen dieser Arbeit wurde eine Auslegeordnung von Ansätzen vorgenommen, auf welcher Netzbetreiber aufbauen können. Je nach örtlichen Verhältnissen und politischen Vorgaben können diese Ansätze angepasst bzw. weiterentwickelt werden.
- Als Grundlage für die Auslösung von Massnahmen muss auf den Teilnetzen der Verkehrszustand permanent ermittelt werden. Dazu müssen möglichst einfach erfassbare Messgrössen und eindeutige Schwellenwerte definiert werden, bei deren Überschreitung entsprechende Massnahmen ausgelöst werden.
- Auf dem hoch ausgelasteten Strassennetz im städtischen Bereich wie auch in der Agglomeration können hinsichtlich einer möglichst hohen Verkehrsleistung zwei Kern-Leitsätze herausgestellt werden: Einerseits die Wichtigkeit eines möglichst lange aufrechtzuerhaltenden Verkehrsflusses auf der HLS, andererseits die Fahrplaneinhaltung und Anschlusssicherung beim strassengebundenen öffentlichen Verkehr, welche auch planerisch durch bauliche Verbesserungen unterstützt werden sollte.
- Der Hauptnutzen liegt in den Bereichen Verminderung Zeitkosten, Erhöhung der Zuverlässigkeit des Verkehrssystems und verminderte Unfallkosten.
- Interessenskonflikte stellen sich auf der Massnahmenebene. Es können zwei Arten unterschieden werden:  
Konflikte durch angestrebte Verkehrsverlagerungen zwischen den Teilnetzen bei netzweiter hoher Auslastung an der Grenze zur Überlastung. Hier ist eine Prioritätenregelung notwendig.  
Konflikte durch unerwünschte lokale begrenzte Auswirkungen einer Dosierungsmassnahme wie z.B. Verlagerungsverkehr. Diese können durch bauliche Massnahmen wie auch netzweite Gesamtkonzepte gemildert werden.
- Auf städtischem Gebiet wie auch in der Agglomeration mit einer hohen Auslastung beider Teilnetze ist der Spielraum für eine Verkehrslenkung zwischen den Teilnetzen relativ gering. Insbesondere das Ableiten von Verkehr von der HLS auf das untergeordnete Netz ist von den Mengen- und Kapazitätsverhältnissen her kaum möglich. Die Priorisierung des strassengebundenen öffentlichen Verkehrs auch mit unterstützenden baulichen Massnahmen ist effizient (Minimierung von personenbezogenen Verlustzeiten), die Anschlusssicherung systemrelevant.
- Bei der organisatorischen Bewältigung der Steuerungsaufgabe an Schnittstellen bieten sich zwei Modelle an: einerseits zwei Leitzentralen, welche auf einem gemeinsamen Regelwerk basierende Massnahmen auf ihrem Teilnetz (HLS und HVS) anordnen mit einem entsprechend hohen Informations- und Koordinationsaufwand. Als zweite Möglichkeit die Schaffung einer neuen regionalen Leitzentrale, welche auf die Verkehrsdaten der teilnetzbezogenen Leitzentralen zurückgreift, die Massnahmen jedoch zentral für das Gesamtnetz anordnet.

- Nicht zuletzt aufgrund der Realisierungskosten bietet sich sowohl betreffend Perimeter wie auch technischer Ausrüstung eine etappierte Umsetzung an.
- Bei der Umsetzung (z.B. Finanzierung) von regionalen Konzepten wirken die fehlende regionale Organisationseinheit (Gemeinden, keine Agglomerationsbehörde) und die entsprechenden vielfältigen Eigentumsverhältnisse erschwerend. Kommt dazu, dass Massnahmenangriffspunkt, Nutzen und Auswirkungen nicht symmetrisch auf alle Beteiligten verteilt sind.

## Anhänge

<b>I</b>	<b>Qualitätsstufen .....</b>	<b>72</b>
<b>II</b>	<b>Handlungsgrundsätze ASTRA (Auswahl) .....</b>	<b>74</b>
<b>III</b>	<b>Vorschlag für allgemeingültige Leitsätze .....</b>	<b>76</b>
<b>IV</b>	<b>Perimeter Bern Nord, Analyse Ist-Zustand .....</b>	<b>77</b>
<b>V</b>	<b>Perimeter Bern Nord, Zielzustand und Massnahmen .....</b>	<b>79</b>

# I Qualitätsstufen

## HLS, freie Strecke nach Norm SN 640 018

Stufe	Auslastungsgrad X	Verkehrsfluss	Verkehrsqualität	Bewegungsfreiheit Fahrer
A	$X \leq 0.4$	Frei, stabil	Sehr gut	vollständig
B	$0.4 < X \leq 0.6$	Nahezu frei, stabil	gut	Gerinfügig eingeschränkt
C	$0.6 < X \leq 0.8$	Teils gebunden, stabil	befriedigend	eingeschränkt
D	$0.8 < X \leq 0.9$	Gebunden bis stockend, weitgehend stabil	ausreichend	Stark eingeschränkt
E	$0.9 < X \leq 1.0$	Stockend bis gestaut	mangelhaft	Extrem eingeschränkt
F	$X > 1.0$	gestaut	ungenügend	Überlastung, Verkehrszusammenbruch

## Einfahrten in HLS, Norm SN 640 019

Verkehrsqualitätsstufe	Bereich von qm [PWE/h]
A	0...600
B	600...950
C	950...1350
D	1350...1650
E	1650...1950
F	> 1900

## Ungeregelte Knoten gemäss Norm SN 640 022

Verkehrsqualitätsstufe	Mittlere Wartezeit w [s]	Beurteilung
A	< 10	sehr gut
B	10-15	sehr gut
C	15-25	gut
D	25-45	ausreichend
E	> 45	kritisch
F	-	-

**Lichtsignalgeregelte Knoten gemäss Norm SN 640 023a**

<b>Verkehrsqualitätsstufen für den Individualverkehr an Knoten mit Lichtsignalanlagen</b>			
Verkehrsqualitätsstufe	Verkehrsqualität	Merkmale des Verkehrsablaufs	Mittlere Wartezeit [s]
A	sehr gut	In der Regel kann der Knoten ungehindert passiert werden, die Wartezeiten sind sehr kurz.	Sehr gut
B	gut	Alle während der Rotzeit eintreffenden Fahrzeuge können während der nachfolgenden Grünzeit den Knoten passieren, die Wartezeiten sind kurz.	gut
C	zufriedenstellend	Nahezu alle während der Rotzeit eintreffenden Fahrzeuge können während der nachfolgenden Grünzeit den Knoten passieren. Die mittleren Wartezeiten sind spürbar. Im Mittel tritt nur geringer Rückstau bei Grün-Ende auf.	befriedigend
D	ausreichend	In der Knotenzufahrt ist ständiger Rückstau vorhanden. Die mittleren Wartezeiten sind beträchtlich. Der Verkehrsablauf ist noch stabil.	ausreichend
E	mangelhaft	In der Knotenzufahrt wächst der Rückstau allmählich an. Die mittleren Wartezeiten sind sehr gross. Die Kapazität wird erreicht.	mangelhaft
F	Völlig ungenügend	Die Nachfrage ist grösser als die Kapazität. Die Fahrzeuge müssen mehrmals vorrücken. Der Rückstau wächst stetig. Die mittleren Wartezeiten sind extrem gross. Der Knoten ist überlastet.	ungenügend

**Knoten mit Kreisverkehr gemäss Norm SN 640 024a**

Verkehrsqualitätsstufe	Verkehrsqualität	Mittlere Wartezeit w [s]
A	sehr gut	<= 10
B	gut	<= 20
C	zufriedenstellend	<= 30
D	ausreichend	<= 45
E	mangelhaft	> 45
F	völlig ungenügend	keine Angabe

## II Handlungsgrundsätze ASTRA (Auswahl)

### Handlungsgrundsatz 1: Verkehrssicherheit

- 1.1 Vor drohenden oder vorhandenen Gefahren ist so rasch als möglich zu warnen.
- 1.2 Ist die Verkehrssicherheit auf einem Abschnitt der Hochleistungsstrassen regelmässig beeinträchtigt oder droht diese regelmässig beeinträchtigt zu werden, so ist die Geschwindigkeit zu homogenisieren und der Verkehrsfluss zu stabilisieren.
- 1.3 Das jeweils gewählte Temporegime ist im Interesse der Verkehrssicherheit wie auch der Attraktivität auf die jeweiligen Verhältnisse abzustimmen.

### Handlungsgrundsatz 2: Zuverlässigkeit

- 2.1 Ist die Zuverlässigkeit auf einem NS-Abschnitt regelmässig stark beeinträchtigt, so ist mit VM-Massnahmen auf die gestörte Verkehrssituation und die zu erwartenden Reisezeitverluste hinzuweisen.
- 2.2 Ergänzend zu Empfehlungen betreffend alternativer Reisezeiten und Reiserouten ist auch auf alternative Verkehrsträger hinzuweisen.
- 2.3 Gefährliche Verkehrszustände wie Verkehrsstau in Tunnel sind durch geeignete VM-Massnahmen (Dosierung, Pfortnerung, etc.) zu vermeiden.
- 2.4 Vor Störungen (Pannen, Unfälle, etc.) ist durch die Polizei vor Ort oder mit VM-Massnahmen zu warnen.
- 2.5 Zur Sicherung der Gefahrenstellen und zu deren raschen Behebung sind falls nötig umgehend adhoc-Massnahmen einzuleiten.

### Handlungsgrundsatz 3: Umgang mit Zeitverlusten

- 3.1 Einzelne Stauereignisse mit kleinen Zeitverlusten (5 bis 10 Minuten) gelten als tolerierbar. Bei jeder Stauerkennung ist jedoch im Sinne von Handlungsgrundsatz 1 die Verkehrssicherheit mit VM-Massnahmen zu gewährleisten.
- 3.2 VM-Massnahmen zur Staubekämpfung auf den Nationalstrassen sind prioritär dort einzusetzen, wo regelmässig Zeitverluste durch Stau zu grossen volkswirtschaftlichen Auswirkungen führen.

### Handlungsgrundsatz 4: Verkehrsqualität auf den Hochleistungsstrassen

- 4.1 Der Verkehrsfluss auf den Stammfahrbahnen der Hochleistungsstrassen ist in erster Linie im Interesse der Attraktivität, Sicherheit und Gesamtkapazität aufrecht zu erhalten. Die verkehrlichen Funktionen (Durchleiten, Verbinden, Entlasten und Erschliessen) sind grundsätzlich gleichberechtigt zu behandeln, wobei mit erster Priorität die Funktion "Durchleiten" zu gewährleisten ist.
- 4.2 Wird der Verkehrsfluss auf der freien Strecke unstet, so ist mit VM-Massnahmen (z.B. Geschwindigkeitsbeschränkung, Fahrstreifenzuteilung, Zuflusdosierung etc.) eine Optimierung anzustreben.
- 4.3 Droht der Verkehrsfluss auf den HLS häufig oder regelmässig zusammenzubrechen, sind der Zufluss auf die HLS und der Abfluss von der HLS so zu steuern, dass ein steter Verkehrsfluss auf der HLS möglichst gewährleistet bleibt.

### **Handlungsgrundsatz 5: Priorisierung der Hochleistungsstrasse**

Sind das HLS- und das HVS-Netz in einer Region regelmässig gesättigt, so ist der Verkehr auf dem Nationalstrassennetz und dem Netz von Bedeutung für das VM auf der NS so zu lenken, zu leiten, zu steuern und zu dosieren, dass der Verkehrszufluss auf den kritischen HLS-Abschnitten nicht zu stark wird.

### **Handlungsgrundsatz 7: Staubildung auf HLS**

Trotz VM-Massnahmen sind Überlastungen in Leistungsgässen und während Spitzen- und Hauptreisezeiten unvermeidbar. Dosierungen und temporäre Schliessungen von Ein- und Ausfahrten sind ausserordentliche VM-Massnahmen und werden über Verkehrsmanagementpläne geregelt.

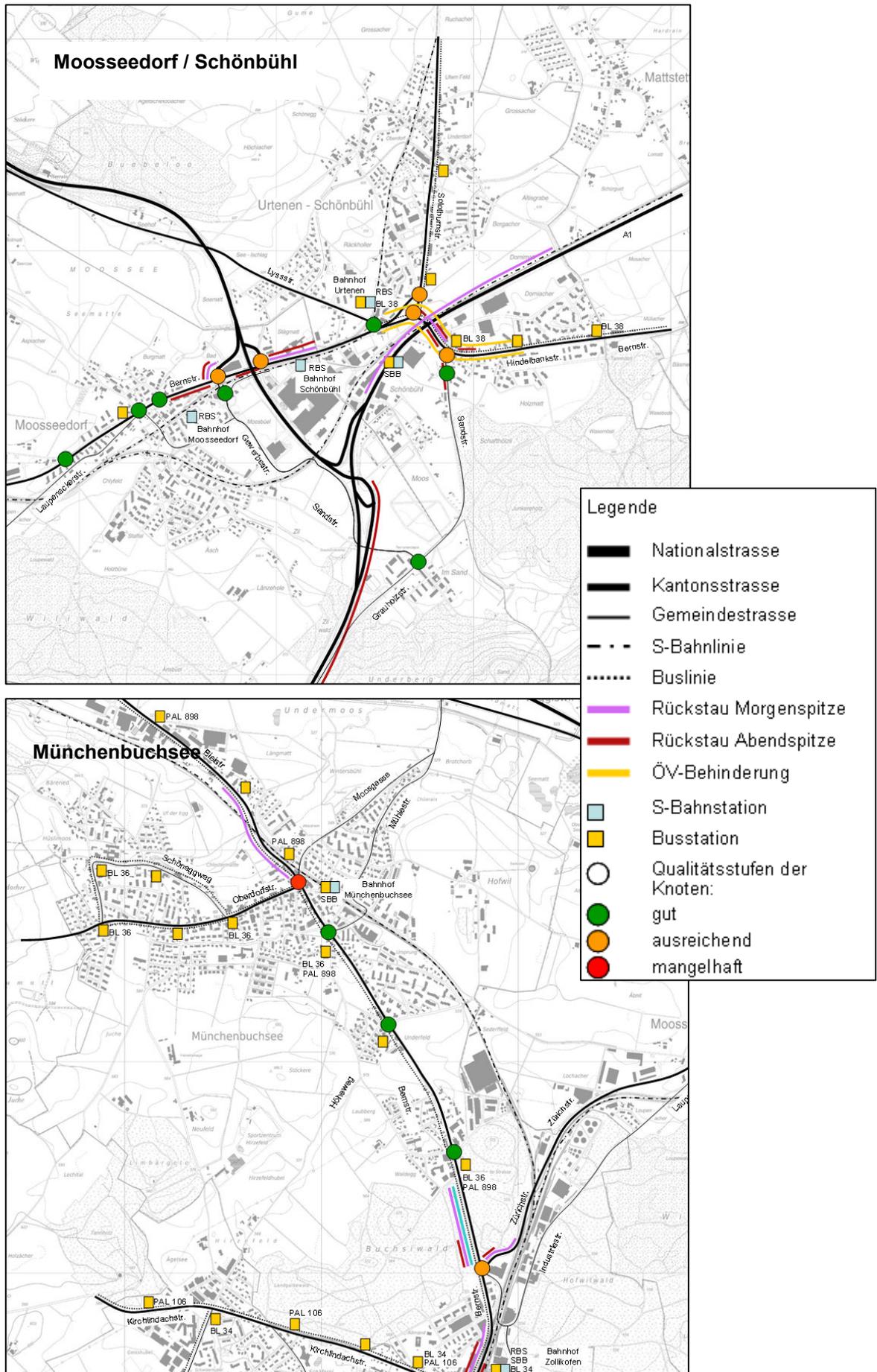
### **Handlungsgrundsatz 9: Priorisierung des ÖV**

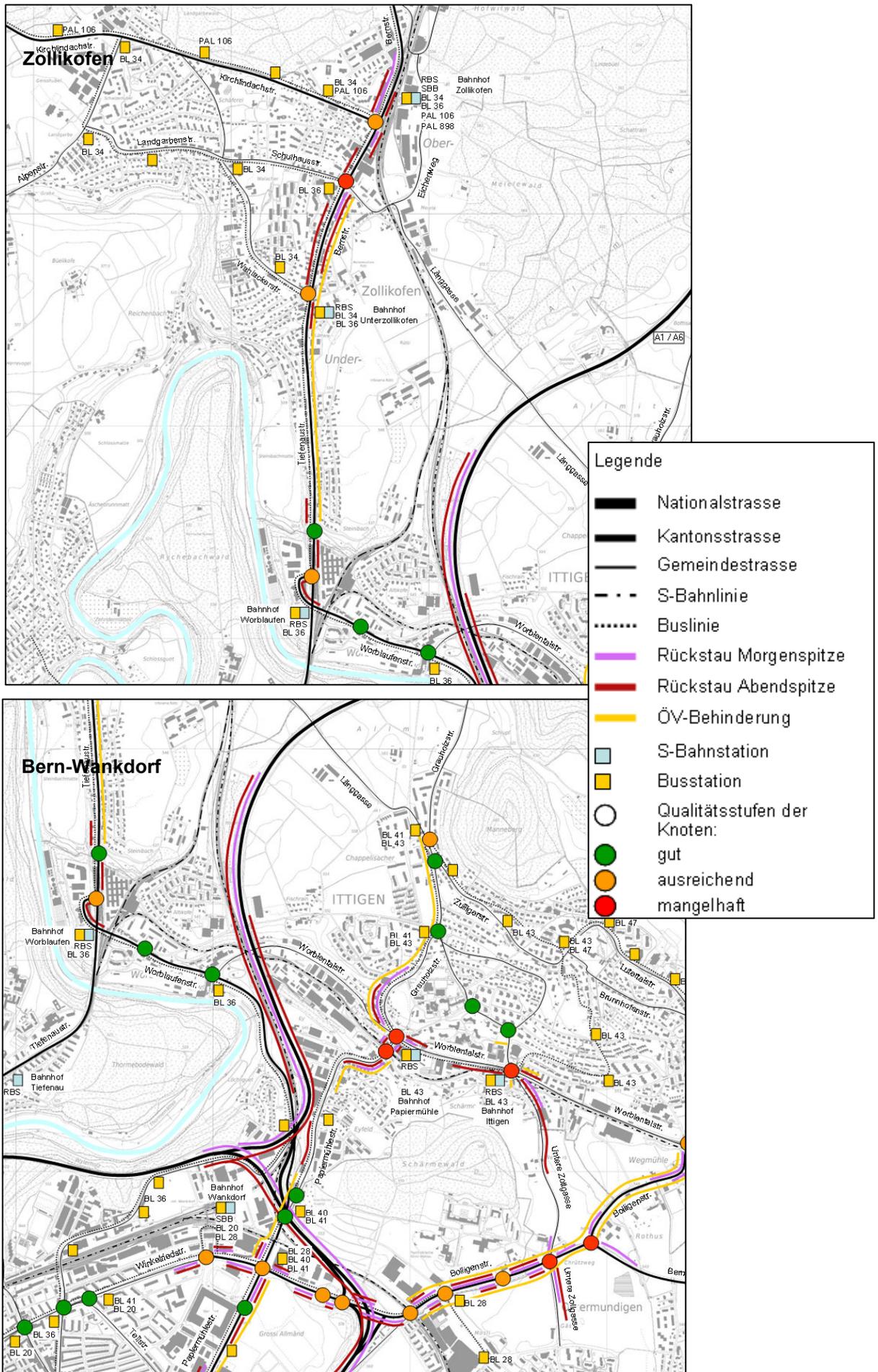
- 9.1 Der strassengebundene ÖV auf dem Netz von Bedeutung für das VM der NS hat hohe Priorität gegenüber dem Individualverkehr zur Gewährleistung von Anschlussverbindungen ans übrige Netz des öffentlichen Verkehrs.
- 9.2 Bei Zufluss- und Abflusssteuerungen zur und von den HLS ist die Bevorzugung des ÖV zu berücksichtigen.

### III Vorschlag für allgemeingültige Leitsätze

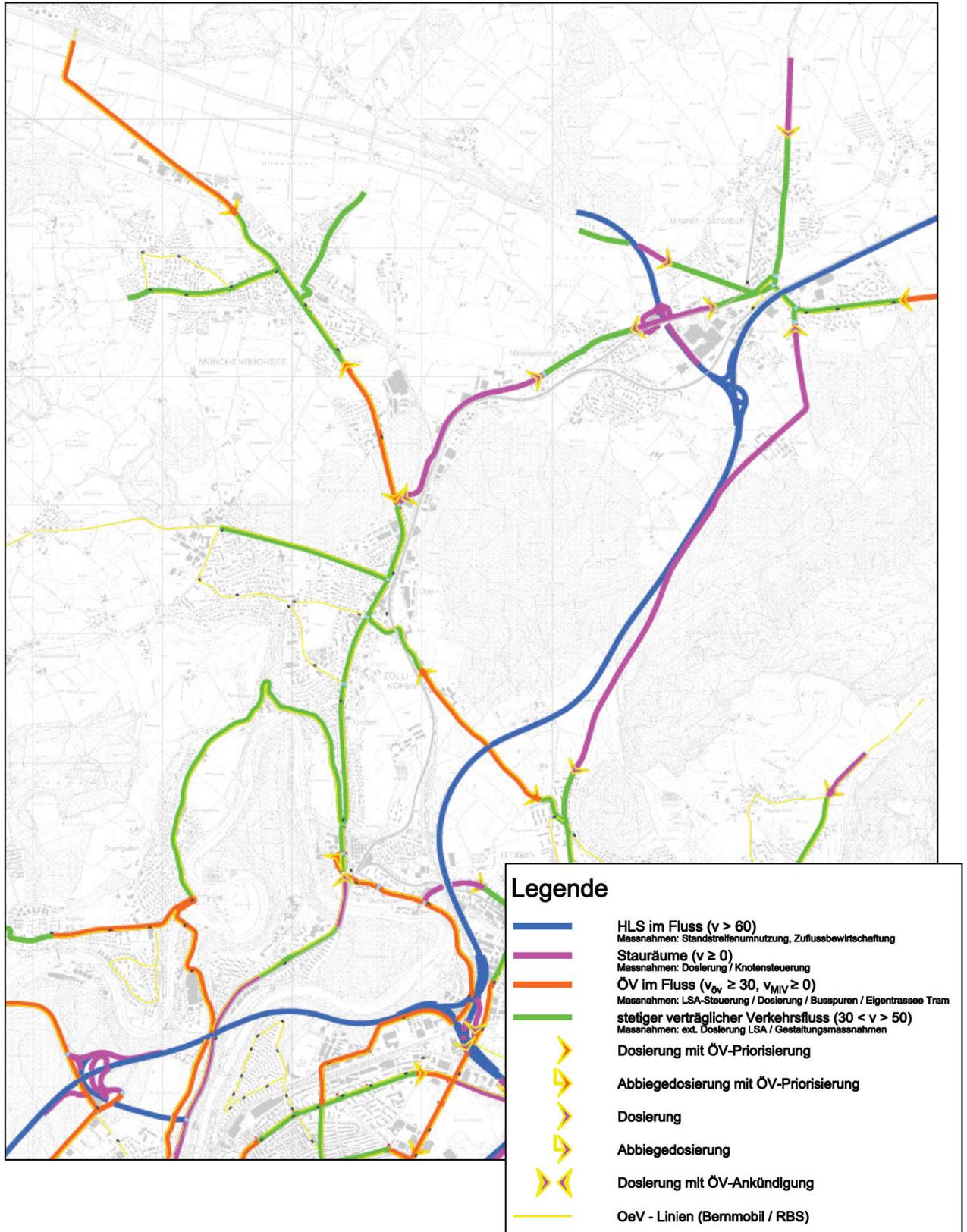
Leitsatz	MIV	ÖV	LV	MIV	ÖV	LV	Indikatoren	Massnahmenkonflikte
<b>Gewährleistung Verkehrssicherheit</b>	HLS: Aufrechterhaltung stabiler Verkehrsfluss D- E-HLS: Bei Überlastung: Gefahrenwarnung HVS: Einsatz LSA mit ausreichend Wartzeiten Jederazeit Gewährleistung der Einsatzmöglichkeit der Blauhelferorganisationen		HVS: Einsatz LSA mit ausreichend Wartzeiten und Vermeidung zu hoher Wartzeiten, Raum für Zweiräder zwecks Vorbefahrt an Kolonnen (Radstreifen, Veloschleusen etc.)	Gefahrenwarnung Verkehrsinformation Geschwindigkeitsharmonisierung LSA-Regelung bei Knoten Routenempfehlung Fahrstufenzielbildung Zulussdosierung (Pulkauflösung) Zulussdosierung (Stauanagement) Einfahrtspernung Umnutzung Pannenstreifen		LSA-Regelung bei Knoten	je nach Empfehlung Konflikt mit HVS Ausweichverkehr Konflikt mit HVS/ÖV, Ausweichverkehr Konflikt mit HVS/ÖV, Ausweichverkehr Konflikt mit HVS/ÖV, Ausweichverkehr je nach Empfehlung Konflikt mit HVS	
<b>Sicherstellung Verkehrsfluss HLS</b>	Aufrechterhaltung stabiler Verkehrsfluss D-E, im Bedarfsfall durch Priorisierung Bei Überlastung: Planbarkeit der Reisezeiten			Routenempfehlung Geschwindigkeitsharmonisierung Fahrstufenzielbildung Zulussdosierung (Pulkauflösung) Zulussdosierung (Stauanagement) Einfahrtspernung Umnutzung Pannenstreifen		v-Niveau/ Stautunden	Konflikt mit HVS/ÖV, Ausweichverkehr Konflikt mit HVS/ÖV, Ausweichverkehr Konflikt mit HVS/ÖV, Ausweichverkehr	
<b>HVS: Gewährleistung zuverlässiger Verkehrsfluss MIV unter Berücksichtigung Anforderungen LV</b>	HVS: Aufrechterhaltung stabiler Verkehrsfluss D- E HVS: Bei Überlastung: Planbarkeit der Reisezeiten HLS: Aufrechterhaltung stabiler Verkehrsfluss D- E zwecks Minimierung Ausweichverkehr		HVS: Einsatz LSA mit ausreichend Wartzeiten und Vermeidung zu hoher Wartzeiten, Raum für Zweiräder zwecks Vorbefahrt an Kolonnen (Radstreifen, Veloschleusen etc.)	Routenempfehlung Zulussdosierung, Stauanagement Abflusdosierung ab HLS		v-Niveau/ Stautunden	je nach Empfehlung Konflikt mit HLS Konflikt mit HVS/ÖV, Ausweichverkehr Verkehrssicherheit HLS	
<b>Fahrplaneinhaltung bzw. Anschlusssicherung ÖV</b>	HVS: Bei Bedarf Dosierung Verkehr in Stauräumen aussenab Siedlung (Überlastungsschutz) zwecks Aufrechterhaltung Verkehrsfluss in Siedlungsgebieten	Anschlusssicherung bzw. Fahrplaneinhaltung Regionale Linien: Anschlusssicherung durch Punktlichkeit örtlicher Nahverkehr: Anschlusssicherung durch Gewährleistung Taktintervalle Weitgehende Priorisierung gegenüber MIV an kritischen Stellen		Priorisierung bei Knoten (betrieblich) Verkehrswegtrennung (Busspur)		Fahrplanauslastung, Punktlichkeit	je nach Empfehlung Konflikt mit HVS	
<b>Schutz von Siedlungsgebieten und Zentrumsgebieten mit Mischnutzungen MIV/ÖV/LV</b>	HLS: Aufrechterhaltung stabiler Verkehrsfluss D- E zwecks Minimierung Ausweichverkehr HVS: Bei Bedarf Dosierung Verkehr in Stauräumen aussenab Siedlung (Überlastungsschutz) zwecks Aufrechterhaltung Verkehrsfluss in Siedlungsgebieten		Allenfalls Umweltspar an Dosierstellen (Bus und Velo kombiniert)	Routenempfehlung Geschwindigkeitsharmonisierung Fahrstufenzielbildung Zulussdosierung (Pulkauflösung) Zulussdosierung (Stauanagement) Einfahrtspernung Umnutzung Pannenstreifen Zulussdosierung, Stauanagement		v-Niveau/Stautunden Anteil Durchgangsverkehr	Konflikt mit HVS/ÖV, Ausweichverkehr Konflikt mit HVS/ÖV, Ausweichverkehr Konflikt mit HVS/ÖV, Ausweichverkehr Konflikt mit HVS/ÖV, Ausweichverkehr Ausweichverkehr/Rückstau auf HLS	
<b>Netzhierarchegerechte Abwicklung der Verkehrsnachfrage</b>	Minimierung von unkontrolliertem Ausweichverkehr von HLS auf HVS, von HVS auf HLS bei übergeordnetem Interesse der Funktion Durchteilen, von HVS auf siedlungsorientiertes Netz			Routenempfehlung Zulussdosierung (Stauanagement) Einfahrtspernung Ausfahrtspernung		Anteil Durchgangsverkehr	je nach Empfehlung Konflikt mit HVS Konflikt mit HVS/ÖV, Ausweichverkehr Konflikt mit HVS/ÖV, Ausweichverkehr Konflikt mit HVS/ÖV, Ausweichverkehr	

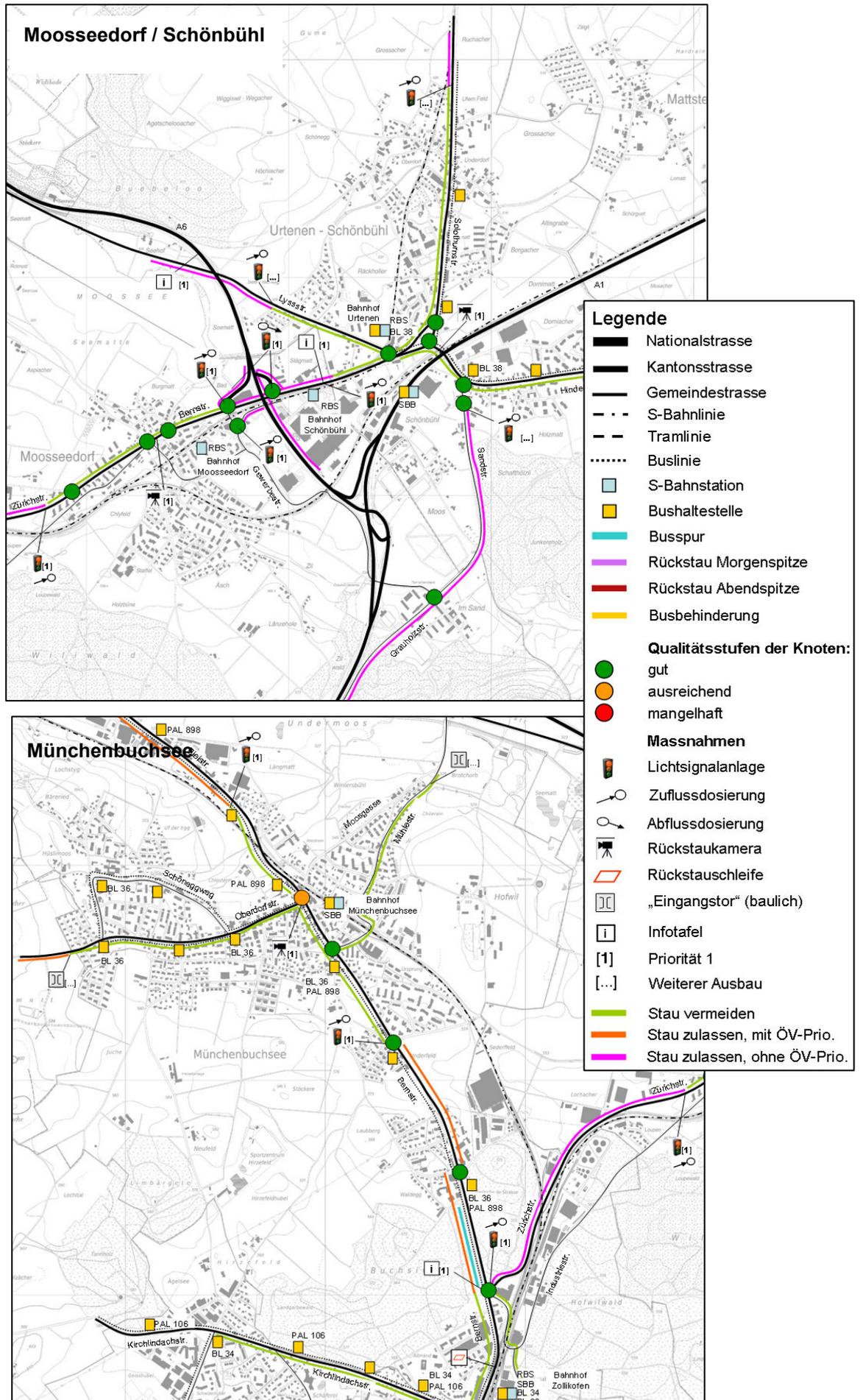
## IV Perimeter Bern Nord, Analyse Ist-Zustand

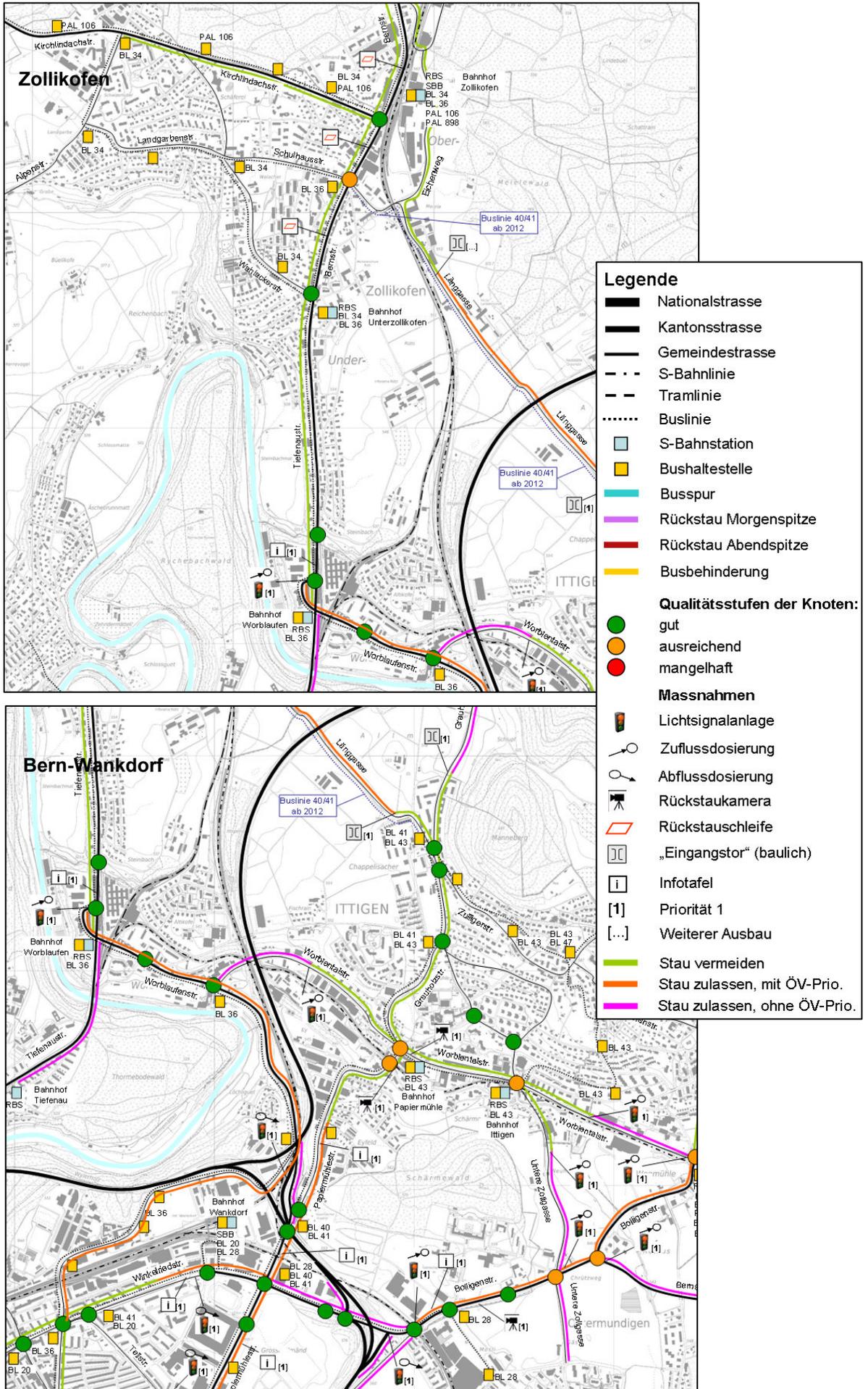




## V Perimeter Bern Nord, Zielzustand und Massnahmen







## Abkürzungen

<b>Begriff</b>	<b>Bedeutung</b>
ASTRA	Bundesamt für Strassen
ANP	Automatic Number Plate Recognition
DATEC	Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni
DBO	Dynamische Betriebsoptimierung
DETEC	Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication
DTV	Durchschnittlicher täglicher Verkehr
FLS	Fahrstreifenlichtsignal
LSA	Lichtsignalanlage
HLS	Hochleistungsstrasse
HVS	Hauptverkehrsstrasse
IVM	Integriertes Verkehrsmanagement
LV	Langsamverkehr
MIV	Motorisierter Individualverkehr
NS	Nationalstrasse
OFROU	Office fédéral des routes
ÖV	Öffentlicher Verkehr
PUN	Pannestreifenumnutzung
PWE/h	Personenwageneinheiten pro Stunde
RGD	Routes à grands débits
RP	Routes principales
SN	Schweizer Norm
SVI	Vereinigung Schweizerischer Verkehrsingenieure
USTRA	Ufficio federale delle Strade
UVEK	Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation
VM	Verkehrsmanagement
VM-CH	Verkehrsmanagement Schweiz
VMP	Verkehrsmanagementplan
VQS	Verkehrsqualitätsstufe
VSS	Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute
WS	Wechselsignal
WTA	Wechseltextranzeige
WW	Wechselwegweisung

## Literaturverzeichnis

SN 640 018	Verkehrsqualität, HLS. Freie Strecke
SN 640 019	Verkehrsqualität, Einfahrten in HLS
SN 640 023	Verkehrsqualität, lichtsignalgeregelte Knoten
SN 640 022	Verkehrsqualität, unregelte Knoten
SN 640 024a	Verkehrsqualität, Knoten mit Kreisverkehr
SN 640 807	Rampenbewirtschaftung
SN 640 820	Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr, Grundnorm
SN 640 822	Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr, Zeitkosten im Personenverkehr
SN 640 824	Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr, Unfallkosten
SN 640 825	Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr, Bewertung und Abschätzung der Zuverlässigkeit
ASTRA 2005	Verkehrsmanagement VM-CH, Unterlage für den Begleitausschuss vom 22.11.2005, Handlungsgrundsätze
ASTRA 2007	ASTRA-Richtlinie 15 002 Umnutzung von Standstreifen zu Fahrstreifen, V1.20
ASTRA 2008	ASTRA-Richtlinie 15 003 Verkehrsmanagement Schweiz (VM-CH), V1.02, Verkehrstechnische Vorgaben
ASTRA 2011	Weisung 75 002 Verkehrsmanagementpläne auf Nationalstrassen, V1.00
Bühlmann, 2009	N1/N20 Nordumfahrung Zürich, Abschnitt Limmattal – Gubrist, Sofortmassnahmen Verkehrslenkung, Optimierung der SoMa Verkehrslenkung, Rampenbewirtschaftung, Zusammenfassung der Erkenntnisse 2004 bis 2009, Volkswirtschaftsdirektion des Kantons Zürich, 8. Mai 2009
Bühlmann, 2011	Gestaltung und Ausrüstung von Anschlüssen an das Nationalstrassennetz (Version 1.0), 14. September 2011, im Auftrag des ASTRA
SVI 2001/538	Verkehrsdosierungsanlagen, Strategien und Dimensionierungsansätze
VSS 2003/302	Auswirkungen und Massnahmen im HVS-Netz bei Rampenbewirtschaftung
VSS 22/99	Rampenbewirtschaftung
SVI 2000/446	Spezifische Anforderungen an Autobahnen in städtischen Agglomerationen
SVI 2007/005	Multimodale Verkehrsqualitätsstufen für den Strassenverkehr - Vorstudie
SVI 48/00	Ermittlung der intermodalen Leistungsfähigkeit bei lichtsignalgeregelten Knoten
SVI 2003/003	Verkehrstechnische Beurteilung multimodaler Betriebskonzepte auf Strassen innerorts
S-ce, 2005	Dynamische Betriebsoptimierung (DBO), Erfolgskontrolle Pilotphase, Controlling-Bericht
Heinz Zackor, 2001	Strategien zur Verkehrssteuerung an hochbelasteten BAB-Anschlussstellen, Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik, Heft 803, 2001
Frank Engelmänn, Mohamed Sahin, 2003	Stauventile an Autobahnen, Strassenverkehrstechnik 9.2003
Kerstin Lemke, 2002	Temporäre Umnutzung von Seitenstreifen an Autobahnen, in Strassenverkehrstechnik 8.2003
Stefan Trupat, Martin Tepper, 2004	Neuere Entwicklungen der Zuflussregelung in Deutschland, in Strassenverkehrstechnik 8.2004
Roland Trapp, 2008	Entwicklung und vergleichende Bewertung eines proaktiven Verfahrens zur Zuflussregelung, in Strassenverkehrstechnik 12.2008
Ingo Hansen, Patrick Broeren, 1999	Pufferräume als Mittel gegen unnötigen Verkehrsstau, in Strassenverkehrstechnik 6/99
Roland Trapp, Michael Feldges, 2009	Ermittlung der Wirksamkeit von Verkehrsbeeinflussungsanlagen, in Strassenverkehrstechnik 6.2009

IVM, 2001	Integriertes Verkehrsmanagement (IVM) Kanton Zürich, August 2001
IVM, 2006	Leitsätze für das Management des strassengebundenen Verkehrs, Konkretisierung Handlungsgrundsätze IVM, Entwurf, Version 1.4
Is, 2010	VM-CH Schnittstelle Nationalstrasse – Kantonsstrassen, Pilotprojekt A1 Region Baden-Wettingen, Vorprojekt, Technischer Bericht
Kieliger Gregorini, 2011	Verkehrsmanagement in der Region Bern, Leitsätze - Grundsätze und Anwendung, Arbeitspapier, Fassung 1.1, 4. Februar 2011
Tiefbauamt Kanton Bern, Kieliger&Gregorini/B+S AG/AWK Group AG, 2011	Verkehrsmanagement Region Bern, Bericht Vorprojekt Bern Nord, im Auftrag des Tiefbauamtes des Kantons Bern

# Projektabschluss



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für  
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK  
Bundesamt für Strassen ASTRA

## FORSCHUNG IM STRASSENWESEN DES UVEK

## Strassen, Brücken, Tunnel

### Formular Nr. 3: Projektabschluss

erstellt / geändert am: 9. November 2012

#### Grunddaten

Projekt-Nr.: SVI 2007 / 018

Projekttitel: Vernetzung von HLS- und HVS-Steuerungen

Enddatum:

#### Texte

Zusammenfassung der Projektergebnisse:

Mit der vorliegenden Forschungsarbeit wird das Problem konkurrenzierender Anforderungen verschiedener Verkehrsarten an die Steuerung der Knoten an den Netzübergängen behandelt. Dazu werden die Anschlüsse bzw. Sekundärknoten nach siedlungsstrukturellen und verkehrsfunktionalen Kriterien typisiert, die Massnahmen des Verkehrsmanagements beschrieben, eine Auswertung von Beispielen bzw. Projekten hinsichtlich der Vorgehensweise zur Gewährleistung von abgestimmten Steuerungen zwischen HLS und HVS vorgenommen sowie ein allgemein formuliertes Set an Leitsätzen mit konkretisierenden Handlungsgrundsätzen, Prioritätenregelungen und zweckmässigen Messgrössen für Schwellenwerte zusammengestellt. Anwendung dieses Theoriegerüsts an einem Fallbeispiel (HLS und HVS in der Region Bern Nord). Zuletzt werden Aspekte der Umsetzung von abgestimmten Steuerungen behandelt. Dazu zählen die erforderliche technische Ausrüstung für die Datenerfassung und Massnahmenauslösung, organisatorische Aspekte (Leitzentrale unter Beteiligung verschiedener Strassennetzbetreiber) sowie mögliche bauliche Anpassungen im Bereich der Anschlüsse hinsichtlich einer verbesserten Anwendung von Massnahmen des Verkehrsmanagements.

Aus der Arbeit resultieren die folgenden Leitsätze:

- Gewährleistung Verkehrssicherheit: Die Verkehrssicherheit aller Verkehrsteilnehmer muss bei allen Verkehrszuständen gewährleistet bleiben.
- Sicherstellung des Verkehrsflusses auf der HLS: Die Gewährleistung des Verkehrsflusses auf der HLS hat hohe Priorität. Massnahmen können auf der HLS, beim Zufluss auf die HLS oder der Abstimmung mit dem untergeordneten Netz angeordnet werden. Damit kann das Ausweichen des Verkehrs auf das untergeordnete Netz vermieden werden
- Gewährleistung zuverlässiger Verkehrsfluss MIV auf untergeordnetem Netz unter Berücksichtigung der Anforderungen Langsamverkehr: Der Verkehrsfluss auf der HVS bleibt für den MIV durch Verkehrsbeeinflussungsmassnahmen, Netzbewirtschaftung und Staumanagement möglichst gewährleistet. Bei Überlastungszuständen kennt der Verkehrsteilnehmer die Verkehrssituation und kann seine Reisezeit zuverlässig abschätzen. Die Belange des Langsamverkehrs werden ausreichend berücksichtigt (z.B. Ermöglichung Vorbeifahrt für Zweiräder an stehenden Kolonnen in Dosierungsräumen, ausreichende Grünzeit für Fussgänger an Lichtsignalanlagen).
- Öffentlicher Verkehr: Fahrplaneinhaltung und Gewährleistung der Anschlüsse. Der strassengebundene öffentliche Verkehr wird auf dem untergeordneten Netz wie auch an den Sekundärknoten der Anschlüsse gegenüber dem MIV priorisiert. Wo dies mit betrieblichen Mitteln nicht ausreichend möglich ist, sind bauliche Massnahmen zu prüfen und gegebenenfalls umzusetzen.
- Schutz von Siedlungs- und Zentrumsgebieten mit Mischverkehr MIV/ÖV/LV: Überlastungen in Zentrumsgebieten und Ausweichverkehr in Siedlungsgebieten werden mit entsprechenden Massnahmen minimiert. Dazu gehören ein weitgehend stabiler und berechenbarer Verkehrsfluss auf der HLS wie auch auf der HVS. Als weitere Massnahme zur Aufrechterhaltung des Verkehrsflusses in Zentrumsgebieten wird auf der HVS ein Staumanagement mit Stauräumen in weniger sensiblen Räumen vorgesehen.
- Netzhierarchiegerechte Abwicklung der Verkehrsnachfrage: Übergeordnete Quelle-Ziel-Beziehungen werden auf dem übergeordneten Strassennetz abgewickelt. Zielverkehr wird direkt geführt und so lange wie möglich auf dem verkehrsorientierten Strassennetz abgewickelt, Quellverkehr so rasch wie möglich auf das verkehrsorientierte Strassennetz geführt. Durch Aufrechterhaltung des Verkehrsflusses auf HLS und HVS wird der Ausweichverkehr minimiert.



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für  
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK  
Bundesamt für Strassen ASTRA

#### Zielerreichung:

Ziel der Forschung war es, Regeln zu definieren, mit denen eine koordinierte Steuerung von HLS und HVS entwickelt bzw. umgesetzt werden kann. Mit der Diskussion und Darstellung eines umfassenden theoretischen Rahmens in Form von Leitsätzen, Prioritätenregelungen, Wirkungsgefüge und summarischen Angaben zu umsetzungsorientierten Aspekten (technische Ausrüstung, Organisation, unterstützende bauliche Massnahmen) konnte dieses Ziel erreicht werden. Die Erkenntnisse können Netzbetreibern als Basis dienen bei der konkreten Umsetzung einer koordinierten Verkehrssteuerung zwischen HLS und HVS in der entsprechenden Region. Mit der Darstellung eines Fallbeispiels konnte der Praxisbezug in seinen Grundzügen hergestellt werden.

#### Folgerungen und Empfehlungen:

Es wird empfohlen bzw. angestrebt, das Thema bzw. die dargestellten Lösungsansätze einem möglichst breiten Kreis von Verantwortlichen (Verwaltungsstellen, Planern etc.) näher zu bringen. Dazu gehören die Teilnahme an Tagungen wie auch die Publikation von Fachartikeln.

Die Arbeit liefert einen planerischen Rahmen mit Lösungsansätzen. Für die Fragen betreffend der konkreten steuerungs- und systemtechnischen Umsetzung wird empfohlen, diese anhand von konkreten Pilotprojekten vorzunehmen. Nur so ist es möglich, massnahmenauslösende Schwellenwerte quantitativ festzulegen und anzuwenden.

Diese Pilotprojekte sollten wissenschaftlich begleitet werden, so dass immer auch der Bezug der örtlich spezifischen Umsetzung zu allgemeingültigen Regeln hergestellt werden kann.

#### Publikationen:

Forschungsbericht SVI 2007 / 018, Vernetzung von HLS- und HVS-Steuerungen

#### Der Projektleiter/die Projektleiterin:

Name: Schaufelberger Vorname: Walter

Amt, Firma, Institut: B+S AG, Muristrasse 60, 3000 Bern 31

#### Unterschrift des Projektleiters/der Projektleiterin:



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für  
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK  
Bundesamt für Strassen ASTRA

## FORSCHUNG IM STRASSENWESEN DES UVEK Strassen, Brücken, Tunnel

### Formular Nr. 3: Projektabschluss

#### Beurteilung der Begleitkommission:

Beurteilung:

Die Arbeit liefert einen wertvollen Diskussionsbeitrag für die Behandlung divergierender Interessen und Ansprüche an die Steuerung und Behandlung der Verkehrsströme an den Netzübergängen zwischen HLS und HVS. Dabei konnte anhand eines Fallbeispiels die Anwendung der resultierenden Handlungsgrundsätze sowie deren relative Schwellenwerte erfolgreich eruiert und definiert werden.

Aus Sicht der BK werden die Projektziele umfassend erreicht.

Umsetzung:

Die Resultate der Arbeit liefern Planern und Verwaltungsstellen einerseits fachlich neutrale Erkenntnisse für den politischen Diskurs. Andererseits werden Hinweise zum technischen Ausbaustandard und zur organisatorischen Behandlung der Verkehrssteuerung am Netzübergang gegeben.

Es wird weiter ein systematischer Überblick zur jeweiligen baulichen Ausgestaltung der Knoten gegeben, die für den Einsatz von VM-Massnahmen erforderlich ist.

weitergehender Forschungsbedarf:

Mit der Arbeit sind die planerischen Grundlagen zur Behandlung der Schnittstelle gegeben. Weiter sind nun die steuerungs- und systemtechnische Umsetzung sowie die organisatorischen Fragen netzübergreifender Leitzentralen zu beschreiben bzw. zu quantifizieren.

Einfluss auf Normenwerk:

Keiner

#### Der Präsident/die Präsidentin der Begleitkommission:

Name: König

Vorname: Arnd

Amt, Firma, Institut: Amt für Verkehr Kanton Zürich

#### Unterschrift des Präsidenten/der Präsidentin der Begleitkommission:

## Verzeichnis der Berichte und Forschung im Strassenwesen

Forschungsberichte seit 2009			
Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Datum
1334	ASTRA 2009/009	Was treibt uns an ? Antriebe und Treibstoffe für die Mobilität von Morgen <i>Transports de l'avenir ?</i> <i>Moteurs et carburants pour la mobilité de demain</i> <i>What drives us on ?</i> <i>Drives and fuels for the mobility of tomorrow</i>	2011
1335	VSS 2007/502	Stripping bei lärmindernden Deckschichten unter Überrollbeanspruchung im labormasstab <i>Désenrobage des enrobés peu bruyants des couches de roulement sous sollicitation de roulement en laboratoire</i> <i>Stripping of Low Noise Surface Courses during Laboratory Scaled Wheel Tracking</i>	2011
1336	ASTRA 2007/006	SPIN-ALP: Scanning the Potential of Intermodal Transport on Alpine Corridors <i>SPIN-ALP: Abschätzung des Potentials des Intermodalen Verkehrs auf Alpenkorridoren</i> <i>SPIN-ALP: Estimation du potentiel du transport intermodal sur les axes transalpins</i>	2010
1339	SVI 2005/001	Widerstandsfunktionen für Innerorts- Strassenabschnitte ausserhalb des Einflussbereiches von Knoten <i>Fonctions de résistance pour des tronçons routiers urbains en dehors de la zone d'influence de carrefours</i> <i>Capacity restraint functions for urban road sections not affected by intersection delays</i>	2010
1325	SVI 2000/557	Indices caractéristiques d'une cité-Vélo. Méthode d'évaluation des politiques cyclables en 8 indices pour les petites et moyennes communes. <i>Die charakteristischen Indikatoren einer Velostadt. Evaluationsmethode der Velopolitiken anhand von 8 Indikatorgruppen für kleine und mittlere Gemeinden</i> <i>Characteristic indices of a Bike City. Method of evaluation of cycling policies in 8 indices for small and medium-sized communes</i>	2010
1337	ASTRA 2006/015	Development of urban network travel time estimation methodology <i>Temps de parcours en réseau urbain</i> <i>Methodologie für Fahrzeitbewertung in städtischen Strassennetz</i>	2011
1338	VSS 2006/902	Wirkungsmodelle für fahrzeugseitige Einrichtungen zur Steigerung der Verkehrssicherheit <i>Modèles d'impact d'équipements de véhicules pour améliorer la sécurité routière</i> <i>Modelling of the impact of in-vehicle equipment for the enhancement of traffic safety</i>	2009
1341	FGU 2007/005	Design aids for the planning of TBM drives in squeezing ground <i>Entscheidungsgrundlagen und Hilfsmittel für die Planung von TBM-Vortrieben in druckhaftem Gebirge</i> <i>Critères de décision et outils pour la planification de l'avancement au tunnelier dans des conditions de roches poussantes</i>	2011

1343	VSS 2009/903	Basistechnologien für die intermodale Nutzungserfassung im Personenverkehr <i>Basic technologies for detecting intermodal traveling passengers</i> <i>Les technologies de base pour l'enregistrement automatique des usagers de moyens de transports</i>	2011
1340	SVI 2004/051	Aggressionen im Verkehr <i>L'agressivité au volant</i> <i>Aggressive Driving</i>	2011
1344	VSS 2009/709	Initialprojekt für das Forschungspaket "Nutzensteigerung für die Anwender des SIS" <i>Projet initial pour le paquet de recherche "Augmentation de l'utilité pour les usagers du système d'information de la route"</i> <i>Initial project for the research package "Increasing benefits for the users of the road and transport information system"</i>	2011
1345	SVI 2004/039	Einsatzbereiche verschiedener Verkehrsmittel in Agglomerationen <i>Application areas of various means of transportation in agglomerations</i> <i>Domaine d'application de different moyen de transport dans les agglomérations</i>	2011
1342	FGU 2005/003	Untersuchungen zur Frostkörperbildung und Frosthebung beim Gefrierverfahren <i>Investigations of the ice-wall grow and frost heave in artificial ground freezing</i> <i>Recherches sur la formation corps gelés et du soulèvement au gel pendant la procédure de congélation</i>	2010
647	AGB 2004/010	Quality Control and Monitoring of electrically isolated post-tensioning tendons in bridges <i>Qualitätsprüfung und Überwachung elektrisch isolierter Spannglieder in Brücken</i> <i>Contrôle de la qualité et surveillance des câbles de précontrainte isolés électriquement dans les ponts</i>	2011
1348	VSS 2008/801	Sicherheit bei Parallelführung und Zusammentreffen von Strassen mit der Schiene <i>Sécurité en cas de tracés rail-route parallèles ou rapprochés</i> <i>Safety measures to manage risk of roads meeting or running close to railways</i>	2011
1349	VSS 2003/205	In-Situ-Abflussversuche zur Untersuchung der Entwässerung von Autobahnen <i>On-site runoff experiments on roads</i> <i>Essai d'écoulements pour l'évacuation des eaux des autoroutes</i>	2011
1350	VSS 2007/904	IT-Security im Bereich Verkehrstelematik <i>IT-Security pour la télématique des transports</i> <i>IT-Security for Transport and Telematics</i>	2011
1352	VSS 2008/302	Fussgängerstreifen (Grundlagen) <i>Passage pour piétons (les bases)</i> <i>Pedestrian crossing (basics)</i>	2011
1346	ASTRA 2007/004	Quantifizierung von Leckagen in Abluftkanälen bei Strassentunneln mit konzentrierter Rauchabsaugung <i>Quantification of the leakages into exhaust ducts in road tunnels with concentrated exhaust systems</i> <i>Quantification des fuites des canaux d'extraction dans des tunnels routiers à extraction concentrée de fumée</i>	2010
1351	ASTRA 2009/001	Development of a best practice methodology for risk assessment in road tunnels <i>Entwicklung einer besten Praxis-Methode zur Risikomodellierung für Strassentunnelanlagen</i> <i>Développement d'une méthode de meilleures pratiques pour l'analyse des risques dans les tunnels routiers</i>	2011

1355	FGU 2007/002	Prüfung des Sulfatwiderstandes von Beton nach SIA 262/1, Anhand D: Anwendbarkeit und Relevanz für die Praxis <i>Essai de résistance aux sulfates selon la norme SIA 262/1, Annexe D: Applicabilité et importance pour la pratique</i> <i>Testing sulfate resistance of concrete according to SIA 262/1, appendix D: applicability and relevance for use in practice</i>	2011
1356	SVI 2007/014	Kooperation an Bahnhöfen und Haltestellen <i>Coopération dans les gares et arrêts</i> <i>Coopération at railway stations and stops</i>	2011
1362	SVI 2004/012	Aktivitätenorientierte Analyse des Neuverkehrs <i>Activity oriented analysis of induced travel demand</i> <i>Analyse orientée aux activités du trafic induit</i>	2012
1361	SVI 2004/043	Innovative Ansätze der Parkraumbewirtschaftung <i>Approches innovantes de la gestion du stationnement</i> <i>Innovative approaches to parking management</i>	2012
1357	SVI 2007/007	Unaufmerksamkeit und Ablenkung: Was macht der Mensch am Steuer? <i>Driver Inattention and Distraction as Cause of Accident: How do Drivers Behave in Cars?</i> <i>L'inattention et la distraction: comment se comportent les gens au volant?</i>	2012

## SVI-Publikationsliste

- 1992 **UVP bei Strassenverkehrsanlagen, Anleitung zur Erstellung von UVP-Berichten\***  
(Büro BC, Jenni & Gottardi AG, Scherrer)  
erschieden auch als Mitteilungen zur UVP Nr. 7/Mai 1992 des BUWAL
- 1992 **Von Experten zu Beteiligten - Partizipation von Interessierten und Betroffenen beim Entscheiden über Verkehrsvorhaben\***  
(J. Dietiker)
- 1992 **Fehlerrechnung und Sensitivitätsanalyse für Fragen der Luftreinhaltung: Verkehr - Emissionen – Immissionen \***  
(INFRA S)
- 1993 **Indikatoren im Fussgängerverkehr \***  
(RAPP AG)1993
- 1993 **Velofahren in Fussgängerzonen\***  
(P. Ott)
- 1993 **Vernetztes bzw. ganzheitliches Denken bei Verkehrsvorhaben**  
(Jauslin + Stebler, Rudolf Keller AG)
- 1993 **Untersuchung des Zusammenhanges von Verkehrs- und Wandermobilität**  
(synergo, Jenni + Gottardi AG)
- 1993 **Einsatzmöglichkeiten und Grenzen von flexiblen Nutzungen im Strassenraum**  
(Sigmaphan AG)
- 1993 **EIE et infrastructures routières, Guide pour l'établissement de rapports d'impact \***  
(Büro BC, Jenni + Gottardi AG, Scherrer)  
erschieden als Mitteilungen zur UVP Nr. 7(93) / Juli 1993 des BUWAL/parus comme informations concernant l'étude de l'impact sur l'environnement EIE No. 7(93) / juillet 1993 de l'OFFEP
- 1993 **Handlungsanleitung für die Zweckmässigkeitsprüfung von Verkehrsinfrastrukturprojekten, Vorstudie**  
(Jenni + Gottardi AG)
- 1994 **Leistungsfähigkeit beim Fahrstreifenabbau auf Hochleistungsstrassen**  
(Rutishauser, Mögerle, Keller)
- 1994 **Perspektiven des Freizeitverkehrs, Teil 1: Determinanten und Entwicklungen\***  
(R + R Burger AG, Büro Z)
- 1995 **Verkehrsentwicklungen in Europa, Vergleich mit den schweizerischen Verkehrsperspektiven**  
(Prognos AG / Rudolf Keller AG)  
erschieden als GVF-Auftrag Nr. 267 des GS EVED Dienst für Gesamtverkehrsfragen / paru au SG DFTCE Service d'étude des transports No. 267
- 1996 **Einfluss von Strassenkapazitätsänderungen auf das Verkehrsgeschehen**  
(SNZ Ingenieurbüro AG)
- 1997 **Zweckmässigkeitsbeurteilung von Strassenverkehrsanlagen \***  
(Jenni + Gottardi AG)
- 1997 **Verkehrsgrundlagen für Umwelt- und Verkehrsuntersuchungen**  
(Ernst Basler + Partner AG)
- 1998 **Entwicklungsindices des Schweizerischen Strassenverkehrs \***  
(Abay + Meier)
- 1998 **Kennzahlen des Strassengüterverkehrs in Anlehnung an die Gütertransportstatistik 1993**  
(Albrecht & Partner AG / Symplan Map AG)
- 1998 **Was Menschen bewegt. Motive und Fahrzwecke der Verkehrsteilnahme**  
(J. Dietiker)
- 1998 **Das spezifische Verkehrspotential bei beschränktem Parkplatzangebot \***  
(SNZ Ingenieurbüro AG)
- 1998 **La banque de données routières STRADA-DB somme base de modèles de trafic**  
(Robert-Grandpierre et Rapp SA / INSER SA / Rosenthaler & Partner AG)
- 1998 **Perspektiven des Freizeitverkehrs. Teil 2: Strategien zur Problemlösung**  
(R + R Burger und Partner, Büro Z)
- 1998 **Kombinierte Unter- und Überführung für FussgängerInnen und VelofahrerInnen**  
(Büro BC / Pestalozzi & Stäheli)
- 1998 **Kostenwirksamkeit von Umweltschutzmassnahmen**  
(INFRA S)
- 1998 **Abgrenzung zwischen Personen- und Güterverkehr**  
(Prognos AG)
- 1999 **Gesetzmassigkeiten im Strassengüterverkehr und seine modellmässige Behandlung**  
(Abay & Meier / Ernst Basler + Partner AG)
- 1999 **Aktualisierung der Modal Split-Ansätze**  
(P. Widmer)
- 1999 **Management du trafic dans les grands ensembles**  
(Transportplan SA)
- 1999 **Technology Assessment im Verkehrswesen : Vorstudie**  
(RAPP AG Ing. + Planer Zürich)

- 1999 **Verkehrstelematik im Management des Verkehrs in Tourismusgebieten**  
(ASIT / IC Infraconsult AG)
- 1999 **„Kernfahrbahnen“ Optimierte Führung des Veloverkehrs an engen Strassenquerschnitten \***  
(Metron Verkehrsplanung und Ingenieurbüro AG)
- 2000 **Sensitivitäten von Angebots- und Preisänderungen im Personenverkehr**  
(Prognos AG)
- 2000 **Dephi-Umfrage Zukunft des Verkehrs in der Schweiz**  
(P. Widmer / IPSO Sozial-, Marketing- und Personalforschung)
- 2000 **Der Wert der Zeit im Güterverkehr**  
(Jenni + Gottardi AG)
- 2000 **Floating Car Data in der Verkehrsplanung**  
(Rudolf Keller & Partner Verkehrsingenieure AG + Rosenthaler + Partner AG)
- 2000 **Verlässlichkeit als Entscheidungsvariable: Experimente mit verschiedenen Befragungssätzen**  
(IVT - ETHZ)
- 2001 **Aktivitätenorientierte Personenverkehrsmodelle, Vorstudie**  
(P. Widmer und K.W. Axhausen)
- 2001 **Zeitkostenansätze im Personenverkehr**  
(G. Abay und K.W. Axhausen)
- 2001 **Véhicules électriques et nouvelles formes de mobilité**  
(Transitec Ingénieurs-Conseils SA)
- 2001 **Besetzungsgrad von Personenwagen: Analyse von Bestimmungsgrössen und Beurteilung von Massnahmen zu dessen Erhöhung**  
(RAPP AG Ingenieure + Planer)
- 2001 **Grobkonzept zum Aufbau einer multimodalen Verkehrsdatenbank**  
(INFRAS)
- 2001 **Ermittlung der Gesamtleistungsfähigkeit (MIV + OEV) bei lichtsignalgeregelten Knoten**  
(büro S-ce Simon-consulting-engineering)
- 2001 **Besteuerung von Autos mit einem Bonus/Malus-System im Kanton Tessin**  
(U. Schwegler Büro für Verkehrsplanung)
- 2001 **GIS als Hilfsmittel in der Verkehrsplanung**  
(büro widmer)
- 2001 **Umgestaltung von Strassen im Zuge von Erneuerungen**  
(Infraconsult AG + Zeltner + Maurer AG)
- 2001 **Piloterhebung zum Dienstleistungsverkehr und zum Gütertransport mit Personenwagen**  
(Prognos AG, Emch+Berger AG, IVU Traffic Technologies AG)
- 2002 **Parkplatzbewirtschaftung bei publikumsintensiven Einrichtungen - Auswirkungenanalyse**  
(Metron AG, Neosys AG, Hochschule Rapperswil)
- 2002 **Probleme bei der Einführung und Durchsetzung der im Transportwesen geltenden Umweltschutzbestimmungen; unter besonderer Berücksichtigung des Vollzugs beim Strassenverkehrslärm**  
(B+S Ingenieur AG)
- 2002 **Nachhaltigkeit und Koexistenz in der Strassenraumplanung**  
(Berz Hafner + Partner AG)
- 2002 **Warum steht P. Müller lieber im Stau als im Tram?**  
(Planungsbüro Jürg Dietiker / MOVE RAUM P. Regli / Landert Farago Davatz & Partner / Dr. A. Zeyer)
- 2002 **Nachhaltigkeit im Verkehr**  
(Jenni + Gottardi AG)
- 2002 **Massnahmen zur Erhöhung der Akzeptanz längerer Fuss- und Velostrecken**  
(Arbeitsgemeinschaft Büro für Mobilität / V. Häberli / A. Blumenstein / M. Wälti)
- 2002 **Carreiseverkehr: Grundlagen und Perspektiven**  
(B+S Ingenieur AG / Gare Routière de Genève)
- 2002 **Potentielle Gefahrenstellen**  
(Basler & Hofmann / Psychologisches Institut der Universität Zürich)
- 2003 **Evaluation kurzfristiger Benzinpreiserhöhungen**  
(Infras / M. Peter / N. Schmidt / M. Maibach)
- 2002 **Verlässlichkeit als Entscheidungsvariable, Vorstudie**  
(ETH Zürich, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme IVT)
- 2002 **Mischverkehr MIV / ÖV auf stark befahrenen Strassen**  
(Verkehrsingenieurbüro TEAMverkehr)
- 2003 **Vorstudie zu den Wechselwirkungen Individualverkehr – öffentlicher Verkehr infolge von Verkehrstelematik-Systemen**  
(Abay & Meier, Zürich)
- 2003 **Strassen mit Gemischtverkehr: Anforderungen aus der Sicht der Zweiradfahrer**  
(WAM Partner, Planer und Ingenieure, Solothurn)
- 2003 **Erfolgskontrolle von Umweltschutzmassnahmen bei Verkehrsvorhaben**  
(Metron Landschaft AG, Brugg / Quadra GmbH, Zürich / Metron Verkehrsplanung AG, Brugg)

- 2004 **Perspektiven für kurze Autos**  
(Ingenieur- und Planungsbüro Bühlmann, Zollikon)
- 2004 **Lange Planungsprozesse im Verkehr**  
(BINARIO TRE, Windisch)
- 2004 **Auswirkungen von Personal Travel Assistance (PTA) auf das Verkehrsverhalten**  
(Ernst Basler und Partner AG, Zürich)
- 2004 **Methoden zum Erstellen und Aktualisieren von Wunschlinienmatrizen im motorisierten Individualverkehr**  
(ETH Zürich, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme IVT)
- 2004 **Zeitkostenansätze im Personenverkehr**  
(ETH Zürich, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme IVT / Rapp Trans AG, Zürich)
- 2004 **Determinanten des Freizeitverkehrs: Modellierung und empirische Befunde**  
(ETH Zürich, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme IVT)
- 2004 **Verfahren von Technology Assessment im Verkehrswesen**  
(Rapp Trans AG, Zürich / IKAÖ, Bern / Interface, Luzern)
- 2004 **Mobilitätsdatenmanagement für lokale Bedürfnisse**  
(SNZ, Zürich / TEAMverkehr, Cham / Büro für Verkehrsplanung, Fischingen)
- 2004 **Auswirkungen neuer Arbeitsformen auf den Verkehr - Vorstudie**  
(INFRAS, Bern)
- 2004 **Standards für intermodale Schnittstellen im Verkehr**  
(synergo, Zürich / ILS NRW, Dortmund)
- 2005 **Verkehrsumlegungs-Modelle für stark belastete Strassennetze**  
(büro widmer, Frauenfeld)
- 2005 **Wirksamkeit und Nutzen der Verkehrsinformation**  
(B+S Ingenieure AG, Bern / Ernst Basler + Partner AG, Zürich / Landert Farago Partner, Zürich)
- 2005 **Spezialisierung und Vernetzung: Verkehrsangebot und Nachfrageentwicklung zwischen den Metropolitanräumen des Städtesystems Schweiz**  
(synergo, Zürich)
- 2005 **Wirkungsketten Verkehr - Wirtschaft**  
(ECOPLAN, Altdorf und Bern / büro widmer, Frauenfeld)
- 2005 **Cleaner Drive**  
**Hindernisse für die Markteinführung von neuen Fahrzeug-Generationen**  
(E'mobile, der Schweizerische Verband für elektrische und effiziente Strassenfahrzeuge, Urs Schwegler)
- 2005 **Spezifische Anforderungen an Autobahnen in städtischen Agglomerationen**  
(Ingenieur- und Planungsbüro Dr. Walter Berg, Zürich)
- 2005 **Instrumente für die Planung und Evaluation von Verkehrssystem-Management-Massnahmen**  
(Jenni + Gottardi AG, Zürich / Universität Karlsruhe)
- 2005 **Trafic de support logistique de grandes manifestations (Betriebsverkehr von Grossanlässen)**  
(Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, EPFL)
- 2005 **Verkehrsdosierungsanlagen, Strategien und Dimensionierungsgrundsätze**  
(Ingenieurbüro Walter Berg, Zürich)
- 2005 **Angebote und Erfolgskriterien im nächtlichen Freizeitverkehr**  
(Planungsbüro Jud, Zürich)
- 2005 **Vor- und Nachlauf im kombinierten Ladungsverkehr**  
(Rapp Trans AG, Zürich)
- 2005 **Finanzielle Anreize für effiziente Fahrzeuge - Eine Wirkungsanalyse der Projekte VEL2 (Tessin) und NewRide in Basel und Zürich**  
(Rapp Trans AG, Zürich / Interface, Luzern)
- 2006 **Reduktionsmöglichkeiten externer Kosten des MIV am Beispiel des Förderprogramms VEL2 im Kanton Tessin**  
(Università della Svizzera Italiana, Lugano / Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich)
- 2006 **Nachhaltigkeit im Verkehr**  
**Indikatoren im Bereich Gesellschaft**  
(Ernst Basler + Partner AG, Zollikon / Landert Farago Partner, Zürich)
- 2006 **Früherkennung von Entwicklungstrends zum Verkehrsangebot**  
(Interface - Institut für Politikstudien, Luzern)
- 2006 **Publikumsintensive Einrichtungen PE: Planungsgrundlagen und Gesetzmässigkeiten**  
(Metron Verkehrsplanung AG, Brugg / Transitec Ingenieurs-Conseils SA, Lausanne / Fussverkehr Schweiz, Zürich)
- 2006 **Erhebung des Fuss- und Veloverkehrs**  
(IRAP, Hochschule für Technik, Rapperswil / Fussverkehr Schweiz, Zürich / Pestalozzi & Stäheli, Basel / Daniel Sauter, Urban Mobility Research, Zürich)
- 2006 **Verkehrstechnische Beurteilung multimodaler Betriebskonzepte auf Strassen innerorts**  
(S-ce Simon consulting experts, Zürich)
- 2006 **Beurteilung von Busbevorzugungsmassnahmen**  
(Metron Verkehrsplanung AG, Brugg)

- 2006 **Error Propagation in Macro Transport Models**  
(Systems Consult, Monaco / B+S Ingenieur AG, Bern)
- 2007 **Fussgängerstreifenlose Ortszentren**  
(Ingenieurbüro Ghielmetti, Winterthur / IAP, Zürich)
- 2007 **Kernfahrbahnen auf Ausserortsstrecken**  
(Frossard GmbH, Zürich)
- 2007 **Road Pricing Modelle auf Autobahnen und in Stadtregionen**  
(INFRAS, Zürich / Rapp Trans AG, Basel)
- 2007 **Entkopplung zwischen Verkehrs- und Wirtschaftswachstum**  
(INFRAS, Zürich / Università della Svizzera Italiana, Lugano)
- 2007 **Genderfragen in der Verkehrsplanung Vorstudie**  
(SNZ Ingenieure und Planer AG, Zürich)
- 2007 **Konfliktanalyse beim Mischverkehr**  
(SigmaPlan AG, Bern)
- 2007 **Verfahren zur Berücksichtigung der Zuverlässigkeit in Evaluationen**  
(Ernst Basler + Partner AG, Zürich / Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich)
- 2007 **Überlegungen zu einem Marketingansatz im Fuss- und Veloverkehr**  
(Büro für Mobilität AG, Bern/Burgdorf / büro für utopien, Burgdorf/Berlin / LP Ingenieure AG, Bern / Masciardi communication & design AG, Bern)
- 2008 **Einbezug von Reisekosten bei der Modellierung des Mobilitätsverhaltens**  
(Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT) ETH, Zürich / TRANSP-OR EPF Lausanne, Lausanne / IRE USI, Lugano)
- 2008 **Ausgestaltung von multimodalen Umsteigepunkten**  
(Metron AG, Brugg / Universität Zürich Sozialforschungsstelle, Zürich)
- 2008 **Überbreite Fahrstreifen und zweistreifige Schmalfahrbahnen**  
(IRAP HSR Hochschule für Technik, Rapperswil)
- 2008 **Fahrten- und Fahrleistungsmodelle: Erste Erfahrungen**  
(Hesse+Schwarze+Partner, Zürich / büro widmer, Frauenfeld)
- 2008 **Quantitative Auswirkungen von Mobility Pricing Szenarien auf das Mobilitätsverhalten und auf die Raumplanung**  
(Verkehrsconsulting Fröhlich, Zürich / TransOptima GmbH, Olten / Ernst Basler + Partner AG, Zürich)
- 2008 **Organisatorische und rechtliche Aspekte des Mobility Pricing**  
(Ernst Basler + Partner AG)
- 2008 **Forschungspaket "Güterverkehr", Initialprojekt "Bestandesaufnahme und Konkretisierung des Forschungspakets"**  
(Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich - ETH / Università della Svizzera Italiana / Universität St. Gallen)
- 2008 **Freizeitverkehr innerhalb von Agglomerationen**  
(Hochschule Luzern - Wirtschaft, Luzern / ISOE, Frankfurt am Main / Interface Politikstudien, Luzern)
- 2008 **Gesetzmassigkeiten des Anlieferverkehrs**  
(SigmaPlan AG / Rudolf Keller & Partner Verkehrsingenieure AG)
- 2009 **Modal Split Funktionen im Güterverkehr**  
(Rapp Trans AG, Zürich / IVT ETH, Zürich)
- 2009 **Mobilitätsmuster zukünftiger Rentnerinnen und Rentner: eine Herausforderung für das Verkehrssystem 2030?**  
(büro widmer Frauenfeld / Institut für Psychologie, Universität Bern)
- 2008 **Mobilitätsmanagement in Berieben - Motive und Wirksamkeit**  
(synergo, Zürich / Tensor Consulting AG, Bern)
- 2009 **Monitoring und Controlling des Gesamtverkehrs in Agglomerationen**  
(Ecoplan, Altdorf und Bern / Ernst Basler + Partner, Zürich)
- 2009 **Wie Strassenraumbilder den Verkehr beeinflussen**  
(Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften zhaw, Winterthur / Jenni + Gottardi AG, Thalwil)
- 2009 **Nettoverkehr von verkehrsintensiven Einrichtungen (VE)**  
(Berz Hafner + Partner AG, Bern / Hornung Wirtschafts- und Sozialstudien, Bern / Künzler Bossert + Partner GmbH, Bern / Roduner BSB + Partner AG, Schliern)
- 2009 **Verkehrspolitische Entscheidungsfindung in der Verkehrsplanung**  
(synergo, Mobilität - Politik - Raum, Zürich / Institut für Politikwissenschaft/Uni Bern, Bern / Büro Vatter, Bern / Büro für Mobilität AG, Bern)
- 2009 **Einsatz von Simulationswerkzeugen in der Güterverkehrs- und Transportplanung**  
(Rapp Trans AG, Zürich / ZHAW, Wädenswil, IAS Institut für Angewandte Simulation)
- 2009 **Multimodale Verkehrsqualitätsstufen für den Strassenverkehr - Vorstudie**  
(Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT), ETH Zürich)
- 2010 **Optimierung der Stassenverkehrs-unfallstatistik durch Berücksichtigung von Daten aus dem Gesundheitswesen**  
(Rapp Trans AG, Zürich)

- 2010 **Systematische Wirkungsanalysen von kleinen und mittleren Verkehrsvorhaben**  
(B,S,S. Volkswirtschaftliche Beratung AG, Basel / Basler & Hofmann AG, Zürich)
- 2011 **Zeitwerte im Personenverkehr: Wahrnehmungs- und Distanzabhängigkeit**  
(Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT), ETH Zürich)
- 2011 **Hindernisfreier Verkehrsraum - Anforderungen aus Sicht von Menschen mit Behinderung**  
(Pestalozzi & Stäheli, Basel / Schweiz. Fachstelle für behindertengerechtes Bauen, Zürich)
- 2011 **Der Verkehr aus Sicht der Kinder: Schulwege von Primarschulkindern in der Schweiz**  
(Interfakultäre Koordinationsstelle für Allgemeine Ökologie (IKAÖ), Bern / Interface Politikstudien Forschung und Beratung, Luzern / verkehrsteiner, Bern)
- 2011 **Alternativen zu Fussgängerstreifen in Tempo-30-Zonen**  
(Ingenieurbüro Ghielmetti, Chur / Pestalozzi & Stäheli, Basel / verkehrsteiner, Bern)
- 2011 **Standards für die Mobilitätsversorgung im peripheren Raum**  
(Ecoplan, Bern / Metron, Brugg)
- 2011 **Widerstandsfunktionen für Innerorts-Strassenabschnitte ausserhalb des Einflussbereiches von Knoten**  
(büro widmer ag, Frauenfeld / Rudolf Keller & Partner AG, Muttenz)
- 2011 **Indices caractéristiques d'une cité-vélo. Méthode d'évaluation des politiques cyclables en 8 indices pour les petites et moyennes communes**  
(ROLAND RIBI & ASSOCIES SA, Genève)
- 2011 **Aggressionen im Verkehr**  
(Basler & Hofmann AG, Zürich / Psychologischer Dienst der Psychiatrischen Universitätsklinik PUK, Basel)
- 2011 **Einsatzbereiche verschiedener Verkehrsmittel in Agglomerationen**  
(IVT, ETH Zürich)
- 2012 **Kooperation an Bahnhöfen und Haltestellen**  
(Ernst Basler + Partner AG, Zürich / Innovationszentrum für Mobilität und gesellschaftlichen Wandel (InnoZ) GmbH, Berlin / ETH Zürich - Institut für Umweltentscheidungen, Zürich)
- 2012 **Unaufmerksamkeit und Ablenkung: Was macht der Mensch am Steuer?**  
(Universität Zürich, Zürich / Planungsbüro Jud AG, Zürich / Boss et Partenaires SA, Neuchâtel)
- 2012 **Aktivitätenorientierte Analyse des Neuverkehrs**  
(IVT, ETH Zürich)
- 2012 **Innovative Ansätze der Parkraumbewirtschaftung**  
(Rapp Trans AG)
- 2012 **Neue Erkenntnisse zum Mobilitätsverhalten dank Data Mining?**  
(Büro Widmer AG, Frauenfeld / Institut für Datenanalyse und Prozessdesign (idp) Zürcher Hochschule, Winterthur)
- 2012 **Verkehrsanbindung von Freizeitanlagen**  
(Hochschule Luzern - Wirtschaft (HSLU), Luzern / Hochschule für Technik (HSR), Rapperswil)
- 2012 **Wissens- und Technologietransfer im Verkehrsbereich**  
(Hochschule Luzern, Luzern / Planungsbüro Jud, Zürich)
- 2012 **Regulierung des Güterverkehrs**  
**Auswirkungen auf die Transportwirtschaft**  
(INFRAS, Zürich / Rapp Trans AG, Zürich / Moll Advokatur, Bern)
- 2012 **Verkehrssicherheitsgewinne aus Erkenntnissen aus Datapooling und strukturierten Datenanalysen**  
(regioConcept AG, Herisau)

\* vergriffen: Diese Exemplare können auf Wunsch nachkopiert werden  
\*épuisé: Selon désir, ces rapports peuvent être copiés

Die Berichte können bezogen werden bei / Les rapports peuvent être commandés au:

**VSS, Sihlquai 255, 8005 Zürich,**  
**Tel. 044 / 269 40 20, Fax. 044 / 252 31 30, info@vss.ch**