



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

Dynamische Signalisierungen auf Hauptverkehrsstrassen

Signalisations dynamiques sur des routes principales

Dynamic signalling at primary distributors

**Grahl – Beratender Ingenieur für Systeme des
Schienen- und Strassenverkehrs, Basel
Stefan Grahl**

**Ernst Basler und Partner AG, Zürich
René Huber
Lorenz Raymann**

**Forschungsauftrag VSS 2008/304 auf Antrag des Schweizerischen
Verbands der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)**

Oktober 2012

1375

Impressum

Forschungsstelle und Projektteam

Projektleitung

Stefan Grahl, Dr.- Ing.

Mitglieder

René Huber, Dipl.- Ing. ETH

Lorenz Raymann, Dipl.- Ing. ETH

Federführende Fachkommission

Fachkommission 3: Verkehrstechnik

Begleitkommission

Präsident

Gianfranco del Curto

Mitglieder

Hans- Ulrich Erb, Winterthur

Hermann Kaul, Muttenz

Marc Laube, Zürich

Roger Schibler, Burgdorf

Hans Rudolf Wymann, Zürich

Antragsteller

Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)

Bezugsquelle

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

Inhaltsverzeichnis

	Impressum	2
	Zusammenfassung	5
	Résumé	6
	Summary	7
1	Aufgabenstellung	8
2	Methodisches Vorgehen	8
3	Nationale und internationale Literatur- und Projektrecherche	10
3.1	Forschungs- und Projektergebnisse Schweiz	10
3.1.1	Stand der Forschung	10
3.1.2	Vorgehensweise bei Projektrecherchen	10
3.1.3	Signalisierung Ortsumfahrung Kanton Aargau	11
3.1.4	Sperrung Milchbuckttunnel Zürich	12
3.1.5	Parkleitsystem Stadt Zürich	13
3.1.6	Verkehrsinformationsdisplays Zürich	14
3.1.7	Parkleitsystem Stadt Basel	15
3.1.8	Parkraum- Wegweisungssystem Basel	17
3.1.9	Nachfahrverbot Gundeldinger Quartier Basel	17
3.1.10	Verkehrleitsystem Bern Wankdorf	18
3.1.11	Parkleitsystem Stadt Lugano	19
3.1.12	Dynamische Signalisierung Region Lugano	20
3.1.13	Wechselwegweisung Transitverkehr Stadt Schaffhausen	21
3.2	Forschungs- und Projektergebnisse aus dem europäischen Ausland	21
3.2.1	Überblick	21
3.2.2	Dynamisches Wegweisungssystem Stadt Dresden	25
3.2.3	Dynamische Signalisierungen Stadt München	25
3.2.4	Integrierte Verkehrsbeeinflussung Stuttgart	25
3.3	Zusammenfassung der Grundlagen- Recherchen	28
4	Gliederung von dynamischen Signalisierungen und Begriffe	29
4.1	Mögliche Strukturierungsansätze	29
4.2	Systemabgrenzung und Begriffsstruktur	30
5	Grundlagen für Planung, Realisierung und Betrieb	32
5.1	Einleitung	32
5.2	Planungsmethodik	32
5.2.1	Genereller Planungsansatz nach Projektstufen	32
5.2.2	Zweckmässigkeitsbeurteilung und Kosten/Nutzen - Analyse	33
5.2.3	Planungsprozess für dynamische Signalisierungen	35
5.3	Projektentwicklung	35
5.3.1	Abgrenzung des Untersuchungsgebiets, Bestandsaufnahme des Strassennetzes	35
5.3.2	Problemanalyse und Erarbeitung der Aufgabenstellung	37
5.3.3	Lösungsentwicklung	37
5.3.4	Zweckmässigkeitsbeurteilung	38
5.4	Verkehrs- und systemtechnische Lösung entwerfen	41
5.4.1	Grundlagen	41
5.4.2	Funktionale Bestimmung des notwendigen Ausrüstungsumfangs	43
5.4.3	Analyse vorhandener elektromechanischer Ausrüstungen und Schnittstellen	44
5.4.4	Steuerungsmodell(e) entwickeln	45
5.5	Erstellung des Betriebskonzepts	45
5.5.1	Grundlagen	45
5.5.2	Betriebsorganisation	46
5.6	Kosten/Nutzen - Analyse	47
5.7	Festlegen Flankierender Massnahmen	49
5.8	Generelle Anforderungen an Inhalt und Form von dynamischen Signalen	49
6	Dynamische streckenbezogene Signalisierungen	50
6.1	Einleitung	50
6.2	Verkehrliche Planung	51

6.2.1	Funktionale Auswahl und Zuordnung	51
6.2.2	Einsatzbeurteilung	53
6.2.3	Standortfestlegung	55
6.3	Technische und betriebliche Umsetzung	55
6.4	Gestaltung der Signale	57
7	Dynamische Zielführungen	59
7.1	Einleitung	59
7.2	Planung	62
7.2.1	Verkehrsplanerische Grundlagen	62
7.2.2	Beurteilung der Routenverfügbarkeit	63
7.2.3	Ereignisbeurteilung	64
7.2.4	Standortfestlegung im Netz.....	66
7.2.5	Wirkungsabschätzung.....	68
7.3	Technische und betriebliche Umsetzung	72
7.4	Gestaltung von Zielführungsanzeigen	75
8	Dynamische Informationsanzeigen	77
8.1	Ausgangslage und Strukturierungsansatz	77
8.2	Verkehrliche Planung	79
8.2.1	Ergänzende Informationsanzeigen	79
8.2.2	Eigenständige Informationsanzeigen.....	80
8.3	Technische und betriebliche Umsetzung	82
8.4	Gestaltung von dynamischen Informationsanzeigen	83
9	Typenblätter	87
9.1	Typenblatt Streckenbezogene Signalisierungen	87
9.2	Typenblatt Dynamische Zielführungen	89
9.3	Typenblatt Dynamische Informationsanzeigen	92
10	Entwicklungstrends	94
10.1	Trendaussagen und Handlungsbedarf	94
10.2	Überblick zu internationalen Forschungs- und Entwicklungsprojekten	97
10.3	Schlussfolgerungen	100
11	Fazit	102
11.1	Dynamische streckenbezogene Signalisierungen	102
11.2	Dynamische Zielführungen	102
11.3	Dynamische Informationsanzeigen.....	103
11.4	Generelles.....	104
	Anhang	105
	Glossar	105
	Abkürzungen	107
	Literaturverzeichnis	109
	Projektabschluss	112
	Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen	115

Zusammenfassung

Dynamische Signalisierungen sind moderne Verfahren der Verkehrsbeeinflussung und Verkehrsinformation. Sie werden zum Lenken, Leiten und Informieren der Verkehrsteilnehmenden bei zeitlich und örtlich wechselnden Strassen-, Umwelt- und Verkehrsbedingungen eingesetzt.

Das Forschungsprojekt untersucht, auf welche Weise und unter welchen Bedingungen dynamischen Signalisierungen auf Hauptverkehrsstrassen (HVS) geplant und umgesetzt werden sollten. Hierfür liegen, anders als für Hochleistungsstrassen, noch keine Normen und Empfehlungen vor.

Ausserdem stellt sich aufgrund des zunehmenden Telematikeinsatzes in Fahrzeugen die Frage nach der mittel- bis längerfristigen Zweckmässigkeit und Wirtschaftlichkeit zusätzlicher strassenseitiger Verkehrsbeeinflussungs- und -informationssysteme.

Eine umfängliche nationale und internationale Literatur- und Projektrecherche zeigt Beispiele für realisierte Lösungen auf. Dabei wurde eine grosse Vielgestaltigkeit hinsichtlich Ziel, Zweck und Ausführungsform von dynamischen Signalisierungen festgestellt.

Die Ergebnisse der Recherchen sowie der Vergleich mit themenbezogenen Normen und Richtlinien für Hochleistungsstrassen bilden die Grundlagen für die Gliederung von dynamischen Signalisierungen nach Einsatzarten. Diese werden entsprechend der Verkehrsmanagement- Funktionen Leiten, Lenken und Informieren in streckenbezogene Signalisierungen, Zielführungen und Informationsanzeigen unterteilt.

Ein wesentliches Ergebnis der Forschungsarbeit bildet ein genereller Planungsablauf für alle Arten dynamischer Signalisierungen. Dieser beruht auf den Projektstufen Planungsstudie, Vorprojekt und Definitives Projekt. Es wird die verkehrliche Planung, die systemtechnische und betriebliche Umsetzung funktional beschrieben. Einen wichtigen Aspekt bilden Anforderungen an die Gestaltung der Signale. Ausserdem werden Kenngrössen zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit aufgeführt. Für alle drei Einsatzarten werden die spezifischen Bedingungen bei ihrer Planung und Umsetzung dargelegt.

Streckenbezogene Signalisierungen sind im Wesentlichen die in der Schweizerischen Signalisationsverordnung (SSV) enthalten Gefahren-, Vorschrift- und Hinweissignale. Es wurden Kriterien entwickelt, mit deren Hilfe die Zweckmässigkeit einer Dynamisierung beurteilt werden kann.

Für netzbezogene dynamische Signalisierungen wurde der Begriff Zielführungen eingeführt. Dazu gehören Umleitungswegweisungen, Alternativroutenführungen und Parkleitsysteme. Es werden die spezifischen Grundlagen für die verkehrliche Planung erläutert. Ein Gestaltungsvorschlag für Alternativroutenanzeigen soll zur Vereinheitlichung der Signale beitragen.

Die dynamischen Informationsanzeigen werden unterschieden in ergänzende Informationen zu streckenbezogenen Signalisierungen oder Zielführungen und in eigenständige Informationen zu verkehrsrelevanten Ereignissen. Auch hierfür wurde ein Gestaltungsvorschlag erarbeitet.

Auf der Basis von internationalen Literaturrecherchen werden aktuelle Entwicklungstrends des Telematikeinsatzes in Fahrzeugen und auf Strassen beschrieben. Es wird erwartet, dass mittelfristig bei der Planung und Realisierung dynamischer strassenseitiger Signalisierungen der Einsatz von kooperativen Systemen eine Rolle spielt.

Dynamische Signalisierungen auf HVS können zur Erhöhung der Verkehrssicherheit, zur Verstetigung des Verkehrsablaufs und zur Minimierung von Umweltbelastungen beitragen. Hinsichtlich der verkehrspsychologischen Anforderungen an die Gestaltung von Zielführungs- und Informationsanzeigen besteht noch Forschungsbedarf.

Résumé

Les signalisations dynamiques sont des dispositifs modernes qui ont pour objectif de gérer le trafic et d'informer. Ils sont utilisés dans le cadre de la gestion du réseau, de la gestion des axes et des nœuds et de l'information des usagers de la route en cas de modifications temporaires ou locales des conditions relatives aux routes, aux aspects environnementaux ou aux flux de trafic.

Le projet d'étude analyse de quelle manière et sous quelles conditions des signalisations dynamiques doivent être planifiées et installées sur des routes principales (RP) vu que, contrairement aux routes à grand débit (RGD), il n'existe jusqu'ici aucune norme ou recommandation pour ce type de routes.

Le nombre de plus en plus élevé de véhicules équipés de fonctions télématiques soulève par ailleurs la question de l'adéquation et de la rentabilité à long et moyen terme des systèmes de gestion du trafic et d'information routière supplémentaires.

Une recherche approfondie de projets et de sources documentaires aux niveaux national et international présente des exemples de solutions réalisées et permet de constater une vaste gamme de solutions en ce qui concerne la finalité, le but et la forme de mise en œuvre des signalisations dynamiques.

Les résultats des recherches ainsi que la comparaison avec des normes et directives élaborées sur ce thème pour les RGD servent de base au classement des signalisations dynamiques en fonction des différents types d'utilisation. Conformément aux fonctions de gestion du trafic comme la gestion des axes et des nœuds, la gestion du réseau et l'information, ils sont divisés en signalisations liées aux tronçons, indications d'itinéraires et panneaux d'information.

Un résultat essentiel du travail d'étude consiste dans le déroulement général de la planification pour tous les types de signalisations dynamiques. Celui-ci repose sur plusieurs phases de projet, à savoir l'étude de planification, l'avant-projet et le projet définitif. Le fonctionnement de la planification du trafic, de la mise en œuvre technique et de l'exploitation du système y est expliqué. Une grande importance est accordée aux exigences liées au design des signaux et des indicateurs sont par ailleurs proposés en vue d'évaluer la rentabilité. Les conditions spécifiques applicables à la planification et à la mise en œuvre sont présentées pour les trois types d'utilisation.

Les signalisations liées aux tronçons sont, en majeure partie, les signaux de danger, les signaux de prescription et les signaux d'indication qui figurent dans l'Ordonnance sur la signalisation routière (OSR). Des critères ont été développés en vue d'évaluer le bien-fondé d'une dynamisation.

Le terme d'indication d'itinéraires a été spécialement introduit pour les signalisations dynamiques liées à un réseau. Il regroupe les panneaux de signalisation des itinéraires bis et des itinéraires de déviation ainsi que les systèmes de guidage de parcage. Les bases spécifiques applicables à la planification du trafic y sont expliquées. Une proposition de design pour l'affichage des itinéraires bis et des itinéraires de déviation vise à contribuer à l'uniformisation des signaux.

Les panneaux d'information dynamiques regroupent d'une part les informations complémentaires relatives à des signalisations liées aux tronçons ou aux indications d'itinéraires et d'autre part les informations autonomes relatives à des événements significatifs. Ici aussi, une proposition de design a été élaborée.

La description des tendances de développement de la télématique dans les véhicules et sur les routes repose sur la documentation recherchée au niveau international. On prévoit qu'à moyen terme, l'utilisation de systèmes coopératifs jouera un rôle dans la planification et la réalisation des signalisations dynamiques installées sur le réseau routier.

Les signalisations dynamiques sur les RP peuvent contribuer à l'optimisation de la sécurité, à la fluidité du trafic et à la minimisation d'impacts sur l'environnement. En ce qui concerne les exigences relatives au design des panneaux d'indication d'itinéraires et d'informations, un besoin d'étude demeure au niveau de la psychologie du trafic.

Summary

Dynamic signalling systems are modern procedures for traffic influencing and information.

They are utilized for guiding, routing and information of road users under changing temporal and local conditions. Especially that concerned state of roads, environmental and traffic flow conditions.

The research project examines possibilities and general conditions of dynamic signalling systems (DSS) on primary distributors, which should be considered by planning and realization. For that none rules or guidelines exist until now, as compared to such documents for highways.

In addition the increasing number of telematics applications in cars lead to question for usefulness and efficiency of further roadside equipments in middle- and long- term perspective.

A comprehensive national and international research of literature and projects shows examples for realized solutions. Objectives and technical systems of dynamic signalling systems are very different.

Research project create a structure of dynamic signalling in primary distributors with three application types. Structure based on the research results and rules for comparable equipment on highways.

These application types are dynamic traffic signs, dynamic routing signals and variable message signs.

For planning of dynamic signalling a procedure has been developed. It works on three stages. These are planning study, draft and execution project. They include traffic planning requirements, functionally system architecture and operation. By that design requirements for dynamic signals are very important. Research report describes also efficiency criteria.

Dynamic traffic signs are based on Swiss Act of Signalisation (SSV), distinguished in danger warning, rule and indicating signals. Criteria were developed, when dynamization of such signals can be useful.

For dynamic routing signals three forms are proposed: deviation routing, alternative routing and parking guidance system. For all forms traffic planning basics are demonstrated. A possible signal design with changing indications is suggested. It can contribute to a more user-friendly unification of signals.

Variable message signs can be either in addition to dynamic traffic signs or routing signals or independently from others, for example as traffic information. Also for that a possible design proposal is worked out.

As result of literature research development essential trends of telematics applications in cars, on roads and between both are explained. Especially cooperative systems with interaction between car and roadside equipment should be considered, when new dynamic signalling systems on main distributors are planned middle- term.

Dynamic signalling systems on main distributors can contribute to higher road safety, better traffic flow and minimization of emissions. Further research requirements exist for psychological investigations, concerning relationship between design of dynamic signs and road user behaviour.

1 Aufgabenstellung

Das hohe Verkehrsaufkommen beim motorisierten Strassenverkehr, neue Angebote im Öffentlichen Verkehr (ÖV), die Forderung nach mehr Sicherheit für alle Verkehrsteilnehmenden und die Notwendigkeit einer effektiven, nachhaltigen und umweltschonenden Nutzung der vorhandenen Strasseninfrastruktur sind die wesentlichen Gründe, moderne Verfahren der Verkehrsbeeinflussung und Verkehrsinformation zu entwickeln und anzuwenden.

Dynamische Signalisierungen bieten hierfür eine geeignete Möglichkeit, da sie zeitlich und örtlich wechselnden Strassen-, Umwelt- und Verkehrsbedingungen entsprechen können. Sie werden bereits auf Hochleistungsstrassen (HLS) zum Lenken und Leiten des Verkehrs eingesetzt, z. B. für die Signalisierung von Umleitungen bzw. für abschnittsbezogene Vorschriftssignale. Auf Hauptverkehrsstrassen (HVS) sind bislang Parkleitsysteme eine typische Anwendung der dynamischen Signalisierung.

Mit dem Forschungsprojekt soll untersucht werden, unter welchen Bedingungen die dynamische Signalisierung auf HVS in erweitertem Umfang eingesetzt werden kann.

Dabei soll beachtet werden, dass die Zahl intelligenter Fahrzeugausrüstungen einschliesslich Navigationsgeräte weiter zunimmt und sich die Frage nach der Zweckmässigkeit und Wirtschaftlichkeit zusätzlicher strassenseitiger Verkehrsbeeinflussungs- und/-informationssysteme stellt.

2 Methodisches Vorgehen

Das methodische Vorgehen besteht darin, ausgehend vom Stand des Wissens und der Praxis zielgerichtet Grundlagen für die Planung und Realisierung sowie den Betrieb von dynamischen Signalisierungen auf Hauptverkehrsstrassen zu erarbeiten.

Dafür wird eine Gliederung in zehn Kapitel gewählt. Sie haben folgende Inhalte:

- Ausgangspunkt ist eine nationale und internationale **Projekt- und Literaturrecherche** im **Kapitel 3**. Anhand von Beispielen wird demonstriert, zu welchen Zwecken und auf welche Weise bisher dynamische Signalisierungen auf HVS verkehrlich und technisch realisiert worden sind.

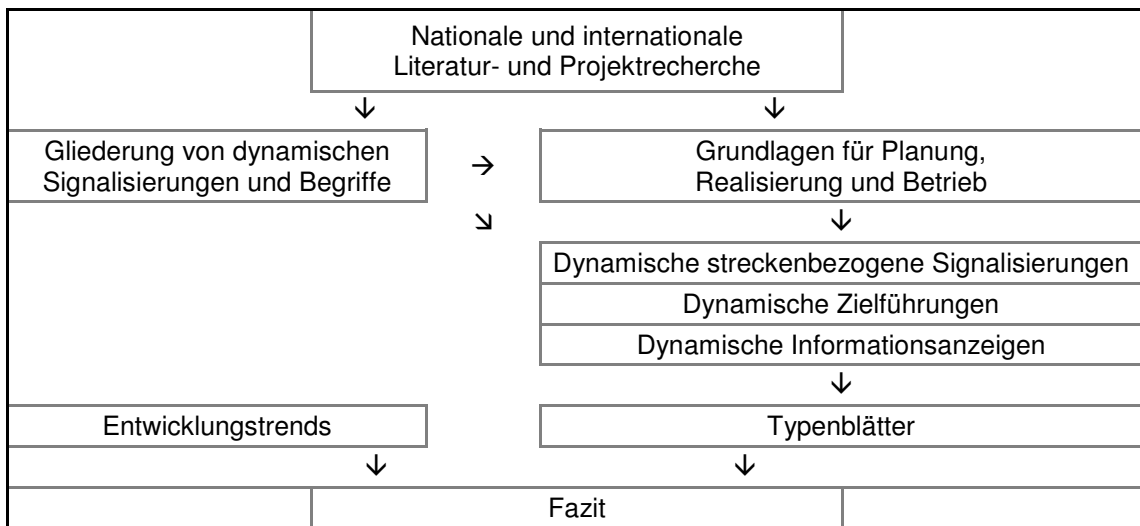
Die Vielfalt der praktischen Lösungen und die Analyse zahlreicher Veröffentlichungen zeigen, dass eine systematische Untersuchung von dynamischen Signalisierungen auf Hauptverkehrsstrassen notwendig ist.

- Es wird zuerst eine **Gliederung von dynamischen Signalisierungen** entwickelt. Abgeleitet aus den Begriffen für das Verkehrsmanagement und in Anlehnung an bestehende Normen für die Verkehrsbeeinflussung auf Hochleistungsstrassen werden drei Einsatzarten definiert. Das sind streckenbezogene Signalisierungen, Zielführungen und Informationsanzeigen. (**Kapitel 4**).
- Die Planung und spätere Umsetzung von dynamischen Signalisierungen werden im **Kapitel 5** mittels der Projektstufen Planungsstudie, Vor- und Definitives Projekt beschrieben. Diese lassen sich in für alle drei Einsatzarten gemeinsame **Grundlagen für Planung, Realisierung und Betrieb** und in spezifische Arbeitsschritte unterteilen.
- Das **Kapitel 6** beinhaltet die spezifischen Anforderungen an **streckenbezogene Signalisierungen**. Es handelt sich dabei im Wesentlichen um die Dynamisierung von Signalen entsprechend der Schweizerischen Signalisationsverordnung (SSV).

- Im **Kapitel 7** werden die **Zielführungen** behandelt. Das sind Umleitungswegweisungen bei gesperrter Stammroute, Alternativroutenführungen in Abhängigkeit von der Verkehrslage und Parkleitsysteme.
- Das **Kapitel 8** beschreibt ergänzende und eigenständige **Informationsanzeigen** und enthält Vorschläge zu deren Einsatzbereichen und Gestaltung.
- Die Ergebnisse der Kapitel 5 bis 8 werden in **Kapitel 9** zu praxisorientierten **Typenblättern** für jede Einsatzart zusammengefasst. In diesen Typenblättern sind Einsatzbereiche, -ziele und -kriterien sowie Hinweise zur verkehrlichen, technischen und betrieblichen Umsetzung aufgeführt.
- In **Kapitel 10** werden auf Basis von Literaturrecherchen **Entwicklungstrends** der Telematik in Fahrzeugen analysiert. Mögliche mittel- bis langfristige Auswirkungen auf das Zusammenwirken mit strassenseitigen Ausrüstungen zur Verkehrsbeeinflussung- und/-information werden genannt.
- Das **Kapitel 11** fasst als **Fazit** die Forschungsergebnisse zusammen.

Die Abbildung 2.1 zeigt das methodische Vorgehen im Überblick.

Abb. 2.1 Überblick zum methodischen Vorgehen



3 Nationale und internationale Literatur- und Projektrecherche

3.1 Forschungs- und Projektergebnisse Schweiz

3.1.1 Stand der Forschung

Dynamische Signale und Informationen auf HLS sind in mehreren Schweizer Forschungsprojekten untersucht worden. Dazu gehören u. a. „Verkehrssysteme auf Hochleistungsstrassen“ und „Wirksamkeit und Nutzen der Verkehrsinformation“ [38], [30].

Ein mehr allgemeiner Ansatz wurde im SVI- Forschungsprojekt „Instrumente für die Planung und Evaluation von Verkehrssystemmanagement- Massnahmen“ gewählt, um geeignete Verfahren zur Wirkungsabschätzung zu entwickeln. Dafür werden zeitabhängige Umlegungsmodelle, mikroskopische Nachfragemodelle und optimierte Befragungsverfahren vorgeschlagen. Damit können planerisch die Wirkungen von verkehrsbeeinflussenden bzw. informierenden Massnahmen und der Nutzen entsprechender Systeme abgeschätzt werden [28].

Des Weiteren konnten Ergebnisse folgender Forschungsaufträge partiell berücksichtigt werden:

- „Qualittraffic - Qualität der Verkehrsinformation“. Die entwickelte Methodik zur Bestimmung eines Qualitätswertes vergleicht die Verkehrsinformation mit der tatsächlichen Situation vor Ort. Sie betrachtet die Wirkungen auf die von der Information Betroffenen in den Bereichen Verkehrssicherheit und Transporteffizienz. Einbezogen wird auch die Information zum öffentlichen Verkehr [39].
- „Betriebsverkehr von Grossanlässen“ [31]
- „Verkehrstelematik im Management des Verkehrs in Tourismusgebieten; Möglichkeiten, Anwendungen, Beispiele“ [30]
- „Abstimmung zwischen individueller Verkehrsinformation und Verkehrsmanagement“ [40]

Im Zusammenhang mit dem Aufbau und dem Einsatz von Verkehrsmanagement Schweiz (VM CH) für das Nationalstrassennetz wurden mehrere verkehrs- und betriebstechnische Grundlagen erarbeitet bzw. befinden sich in der Erstellung. Diese Dokumente betreffen auch Anforderungen und Vorgaben für dynamische Signalisierungen auf HLS. In den weiteren Kapiteln dieses Forschungsberichts wird darauf Bezug genommen. Es wird geprüft, ob und in welcher Weise deren Inhalte auf die Bedingungen von HVS übertragbar sind.

3.1.2 Vorgehensweise bei Projektrecherchen

Die Recherchen von geplanten und realisierten Projekten der dynamischen Signalisierung auf HVS wurden in Form von Interviews, Quellenstudien, z. B. Websites, und der Auswertung von Berichten durchgeführt.

Abbildung 3.1 zeigt das Untersuchungsschema, das als Grundlage für das Einholen von möglichst umfangreichen Projektinformationen diente. Da in einem Projekt meist mehrere Partner vertreten sind, konnten die gewünschten Auskünfte erst nach verschiedenen Rückfragen eingeholt werden. Deshalb blieb das Untersuchungsschema ein Arbeitsinstrument der Forschungsstelle und wurde nicht nach aussen gegeben.

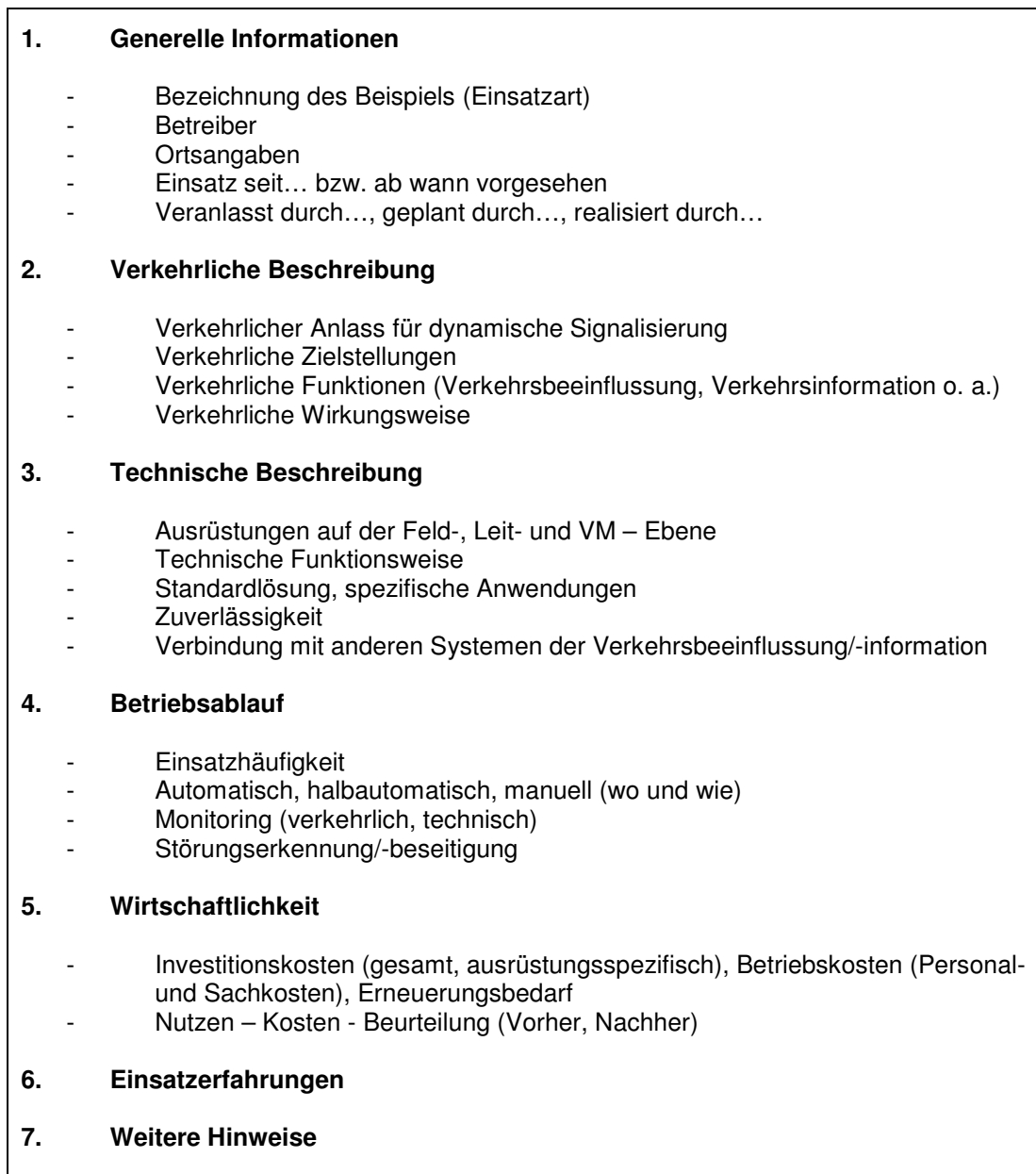


Abb. 3.1 Untersuchungsschema für Projektrecherchen

3.1.3 Signalisierung Ortsumfahrung Kanton Aargau

Mit dem Ausbau der Ostumfahrung von Aarau und der Verbindung Neue Staffeleggstrasse wird eine umfassende Verkehrsentslastung der Aarauer Altstadt erreicht. Das Kernstück ist ein 700m langer Tunnel zwischen den Knoten Bibersteinerstrasse und Küttigen Nord. Die Neue Staffeleggstrasse mündet beim Südportal unmittelbar in den Kreisel Bibersteinstrasse ein (Abbildung 3.2).

In den Ereignisfällen Verkehrsüberlastung/Stau, Panne/Unfall, Brand oder Unterhaltsarbeiten wird der Tunnel gänzlich oder fahrtrichtungsbezogen gesperrt. Der Verkehr wird über Umleitungsstrecken (K 107, 470) gelenkt.

Diese Verkehrlenkung soll mit statischen und dynamischen Wegweisungssignalen erfolgen. Zu diesem Zweck werden in die Vorwegweiser Prismen eingebaut, die im Grundzustand die Fahrt durch den Tunnel und im Ereignisfall einen angepassten Signalisierungszustand anzeigen. Die dynamische Wegweisung kann auch als Umleitungsempfehlung (Pfeil auf orange Grund) ausgebaut werden (Quelle: Vorprojekt, SNZ Ingenieure und Planer AG Zürich).

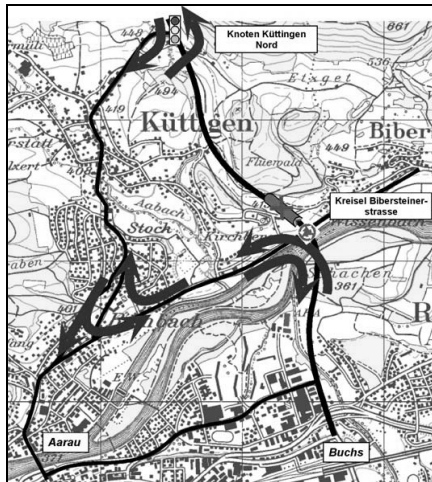


Abb. 3.2 Ortsumfahrung Aargau (Quelle: Vorprojekt SNZ)



Abb. 3.3 Milchbucktunnel Stadt Zürich (Quelle: DAV Zürich)

3.1.4 Sperrung Milchbucktunnel Zürich

Die Stadt Zürich betreibt auf ihrem Stadtgebiet insgesamt 6 Strassentunnel, zu denen auch der Milchbucktunnel gehört (Abbildung 3.3). Während Sonderbetriebszuständen (planbare Zustände wie Tunnelreinigungen oder Sanierungen und nicht planbare Zustände wie Unfälle) muss der Tunnel teilweise oder auch ganz gesperrt werden. Die Verkehrsströme müssen in diesen Fällen auf das oberirdische Strassennetz umgeleitet werden. Dies kann vor allem während den Hauptverkehrszeiten zu betrieblichen Problemen führen. Aus diesem Grund sind auf dem oberirdischen Strassennetz Ausweichrouten definiert. Im Falle einer Tunnelsperrung (evt. auch nur eine Fahrtrichtung) wird die Steuerung der Knoten auf den Ausweichrouten dem veränderten Belastungsfall angepasst.

Bei einer Sperrung des Milchbucktunnel stehen ab Bahnhofquai bzw. Milchbuck/ Irchel vier Ausweichrouten zur Verfügung.

Die Hauptausweichroute führt über Limmatstrasse, Escher- Wyss- Platz, Rosengartenstrasse, Bucheggstrasse bzw. in der Gegenrichtung. Die drei Nebenausweichrouten (Stampfenbach- und Schaffhauserstrasse, Rötelstrasse/Kornhausstrasse zum Schaffhauser Platz, Winterthurer-/Universitätsstrasse) ergänzen das Umleitungskonzept.

Die Anzeige der Umleitungsrouten erfolgt über dynamische Wechselwegweiser in Prismentechnik (Abbildung 3.4).

Durch die kantonale Verkehrsleitzentrale Letten erfolgt die Ansteuerung der Wechselwegweiser, welche auf eine Sperrung des Tunnels hinweisen. Gleichzeitig werden durch die städtische Verkehrsleitzentrale der Dienstabteilung Verkehr (DAV) die vorgesehenen LSA- Programme umgeschaltet.

Im Zeitraum vom 1. Januar bis 31. Dezember 2011 wurden 53 Tunnelsperrungen mit Aktivierung der Umleitungs- Wechselsignalisation veranlasst (Quelle: Kapo Zürich). Davon erfolgten:

- 45 für den Unterhalt der Nationalstrassen
- 4 aufgrund eines Unfalles
- 2 aufgrund einer Fahrzeugpanne
- 2 aufgrund eines Spezialtransportes.



Abb. 3.4 Wechselwegweisung Milchbucktunnel Stadt Zürich

3.1.5 Parkleitsystem Stadt Zürich

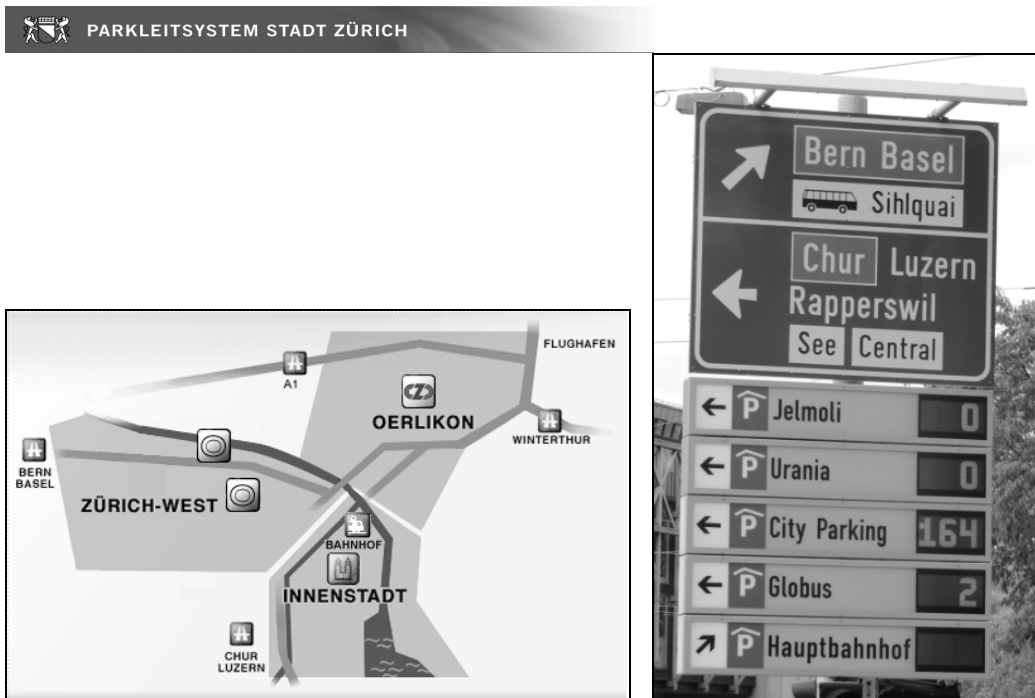


Abb. 3.5 Parkleitsystem Stadt Zürich (Quellen: www.pls-zh.ch; Grahl)

Seit Oktober 2001 ist in der Stadt Zürich ein Parkleitsystem in Betrieb. Im ersten Schritt wurde das Stadtzentrum ausgerüstet. Ein Jahr später konnte das Parkleitsystem auf Oerlikon ausgedehnt werden.

Initiant und Eigentümer ist die Ende 1998 gegründete 'PLS Parkleitsystem AG', ein Unternehmen von Parkhaus-Betreibern, der City-Vereinigung, ACS, TCS, der Stadt Zürich und anderen. Die technische Projektleitung und der Betrieb des PLS wurde der Dienstabteilung Verkehr übertragen.

Die optische Gestaltung der Anzeigetafeln und die Auswahl der Signalstandorte wurde in Zusammenarbeit mit dem damaligen 'Stab öffentlicher Raum' der Stadt Zürich erarbeitet (Abbildung 3.5).

Der Aufbau des gesamten Parkleitsystems kostete rund 8,5 Millionen Franken. Finanziert werden die Entwicklungskosten, der Bau des PLS, sowie die laufenden Betriebskosten

und der Unterhalt aus einer Gebühr von 50 Rappen pro Einfahrt in die angeschlossenen Parkhäuser.

Das Parkleitsystem ist nach Zonen gegliedert, die durch verschiedene Farben gekennzeichnet werden. Auf der Fahrt in die Stadt erhalten die Verkehrsteilnehmenden zunächst Informationen über die Parkzonen und bei Erreichen der gewünschten Parkzone detaillierte aktuelle Angaben über die einzelnen Parkhäuser. Deren Signale haben die gleiche Farbe wie der ganze Parkraum. Auf den Anzeigetafeln ist stets ersichtlich, wie viele Parkplätze in einem bestimmten Parkhaus noch frei sind und wie man dorthin gelangt. Nicht alle Signaltafeln zeigen die Zahl der freien Plätze an. Bei einem Teil handelt es sich um reine Wegweiser in den Farben des Parkraums.

An das Parkleitsystem sind derzeit 36 Parkhäuser angeschlossen. An über einhundert Standorten sind Parkleit- Anzeigen installiert worden. Zusätzlich sind vor 98 Kreuzungen beleuchtete PLS- Wegweiser montiert (Abbildung 3.6).



Abb. 3.6 Parkleitsystem Stadt Zürich (Quelle: www.pls-zh.ch)

Alle Parkhäuser werden im Internet unter der Adresse: www.pls-zh.ch dargestellt. Einmal pro Minute werden die freien Parkplätze automatisch angezeigt. Zu jedem Parkhaus sind weitere Informationen verfügbar: Grösse, Öffnungszeiten, Tarife und Stadtplanausschnitt. Obwohl es technisch möglich wäre, die freien Parkplätze mit dem Handy abzurufen, wurde aus Gründen der Verkehrssicherheit darauf verzichtet.

In jedem Parkhaus befindet sich ein so genannter PLS- Kontroller, der in der Lage ist, Informationen der verschiedensten Fabrikate von Parkhaussteuerungen so aufzubereiten, dass die Zentrale des Parkleitsystems immer gleichartige Daten verarbeiten kann. Die Zahl der jeweils freien Parkplätze eines Parkhauses wird erfasst. Mittels standardisierten Modems werden die Daten laufend an die Zentrale übertragen. Die Zentrale übernimmt und evaluiert alle Daten über freie Parkplätze und übermittelt sie an die Parkleit- Anzeigen. Diese zeigen die freien Parkplätze der zugehörigen Parkhäuser an. Das voll besetzte Parkhaus zeigt die freien Plätze mit einer Null an, ein geschlossenes Parkhaus drei horizontale Balken. Ein einzelner Signalstandort kann bis zu 7 Parkleit-Anzeigen umfassen.

Die Dienstabteilung Verkehr besitzt ein eigenes Kabelnetz, um die Lichtsignalanlagen mit der Verkehrsleitzentrale zu verbinden. Weil die meisten Parkleit-Signale in unmittelbarer Nähe von wichtigen Strassenkreuzungen und -Verzweigungen stehen, wird dieses Kabelnetz auch für das Parkleitsystem genützt. Für das Parkleitsystem wurde keine eigene Zentrale aufgebaut, deren Funktionen werden mit den vorhandenen LSA- Gebietsrechnern ausgeführt.

Das Parkleitsystem Zürich ist ein integrierter Bestandteil der Betriebsführung in der Dienstabteilung Verkehr. Das ist betrieblich und wirtschaftlich zweckmässig. In Personalunion ausgeübte gleichartige Tätigkeiten und gemeinsam genutzte Infrastrukturen wie das Kabelnetz, Stromanschlüsse und die Verkehrsrechner sind kostengünstiger als je separate Einrichtungen. (Quelle: www.pls-zh.ch)

3.1.6 Verkehrsinformationsdisplays Zürich

Die Dienstabteilung Verkehr des Polizeidepartements Zürich hat im Vorfeld der Fussball-europameisterschaft 2008 14 Verkehrsinformationsdisplays an städtischen Einfallachsen in Betrieb genommen. Die hochauflösenden LED-Anzeigen informieren primär die Verkehrsteilnehmenden über bevorstehende Veranstaltungen und damit verbundene Verkehrsbeschränkungen (Abbildung 3.7). Weiter können verkehrssicherheitsrelevante Mit-

teilungen sowie Präventionskampagnen publiziert werden, So zum Beispiel bei länger dauernden Baustellen, bei sonstigen Behinderungen des Verkehrs, etwa für Glatteis-Warnungen oder Kampagnen (z. Bsp. «Schulanfang – Achtung Kinder»).

Von einem zentralen Computer in der DAV- Verkehrsleitzentrale aus können die Verkehrsinformationsdisplays insgesamt und einzeln programmiert und gesteuert werden (Texte und Grafiken).



Abb. 3.7 Verkehrsinformationsdisplay Stadt Zürich (Quelle: DAV Zürich)

Die Kosten für die Anschaffung der Verkehrsinformationsdisplay sowie der damit verbundenen Tiefbauarbeiten belaufen sich auf rund zwei Millionen Franken.

Hinsichtlich der Akzeptanz und verkehrlichen Wirkungen, z. B. Verkehrsverlagerungen auf über- oder untergeordnete Strassen können noch keine Angaben gemacht werden.

3.1.7 Parkleitsystem Stadt Basel

Seit Juli 2001 ist das Parkleitsystem Basel-Stadt in Betrieb. Es handelt es sich um ein kombiniertes statisches - dynamisches Parkleitsystem.

Das Parkleitsystem basiert auf einem verkehrsplanerischen Konzept. An allen einfallenden Hauptverkehrsstrassen und an den Autobahnanschlüssen stehen statische Wegweiser mit Angabe des jeweils nächstfolgenden Gebietes. Das sind Zentrum Nord (Kleinbasel), Zentrum West (Markt) oder Zentrum Süd (Bahnhof SBB) (Abbildung 3.8). Beim Erreichen des Zielgebietes erfolgt die Information über dynamische Anzeigen die zu den einzelnen Parkhäusern führen (Abbildung 3.9). Jede dynamische Anzeige informiert über bis zu vier Parkhäuser. Sind in einem Gebiet mehr als vier Parkhäuser vorhanden, erfolgt eine zusätzliche Gebietsunterteilung in so genannte Räume. Bei Vollausslastung aller Parkhäuser in einem Gebiet werden Ausweichmöglichkeiten ins Nachbargebiet angezeigt. Deshalb werden in der Regel an jeder dynamischen Anzeige nur drei von vier Feldern für direkte Parkhausinformationen eingerichtet.

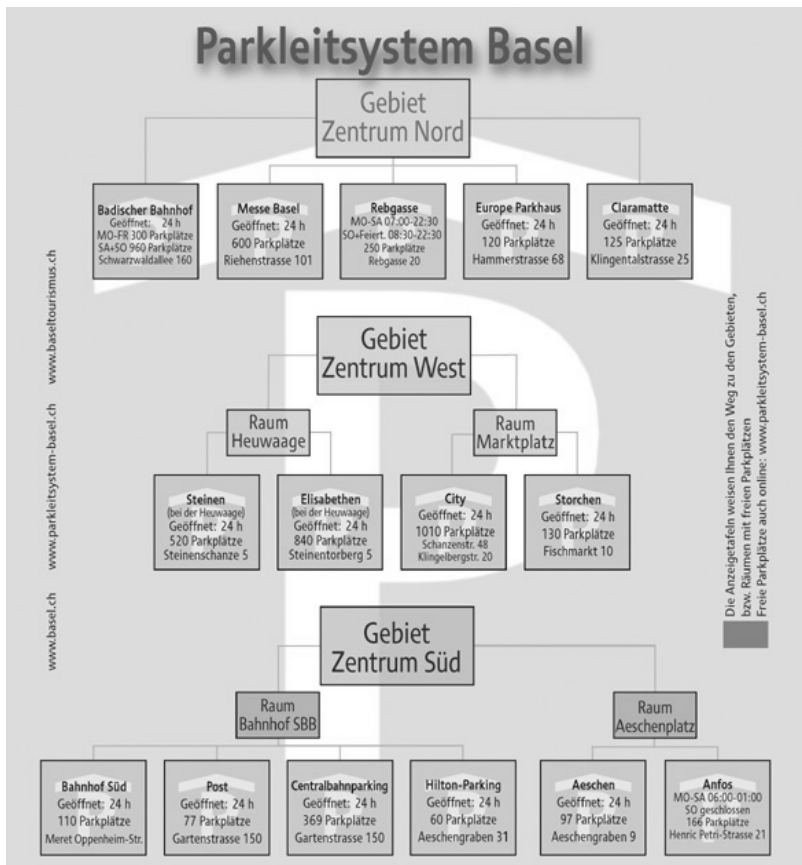


Abb. 3.8 Zuordnung Parkhäuser zu Gebieten (Quelle: www.basel.ch)



Abb. 3.9 Dynamische Parkplatzanzeige Stadt Basel (Quelle: www.basel.ch)

Zum Start im Jahr 2001 waren insgesamt 13 staatliche und private Parkhäuser mit rund 6000 Stellplätzen ins Basler PLS eingebunden. In den vergangenen Jahren sind die zwei Parkings Bahnhof Süd und Claramatte hinzugekommen. Weitere Innerstadtparkings können jederzeit ans PLS angeschlossen werden. Bei Bedarf kann das PLS in einer späteren Etappe auf das Gebiet St. Jakob ausgedehnt werden (Abbildung 3.10). (Quelle: www.parkleitsystem-basel.ch).

Das Parkleitsystem wird von der kantonalen Verwaltung (Immobilie Basel) betrieben und unterhalten.



Abb. 3.10 Parkleitsystem Stadt Basel (Quelle: www.parkleitsystem-basel.ch)

3.1.8 Parkraum- Wegweisungssystem Basel

Mit dem Ziel, auf der Autobahn ankommende Besucher von Grossveranstaltungen zu verfügbaren Parkplätzen zu führen, wurde ein Parkraum- Wegweisungssystem installiert. Dieses wird für die Messe Basel (Abbildung 3.11) und das St. Jakob – Stadion verwendet. Zunächst erhalten die Verkehrsteilnehmenden vor dem Autobahnanschluss über Wechseltextanzeigen eine Information zum Ereignis(-ort) und die Empfehlung, hier auszufahren. Vor dem jeweils nächsten (signalisierten) Knotenpunkt wird mittels Prismensignal angezeigt, welche Fahrspur zum gewünschten Parkraum zu wählen ist. Handelt es sich um ein Parkhaus, das dem dynamischen Parkleitsystem angeschlossen ist, erfolgt durch dieses die Zielführung.

Sind die Parkräume nicht mehr frei, so erscheint auf dem jeweiligen Prismenanzeiger der orange Umleitungspfeil für den nunmehr zu nutzenden Fahrstreifen. Im weiteren Routenverlauf werden durch die Polizei manuell orange Signale mit Texthinweisen aufgestellt, die zu freien Grossparkplätzen führen. Von dort aus wird ein Busshuttle zu den Veranstaltungsorten eingerichtet, die Parkgebühr beinhaltet zugleich die freie Fahrt mit dem Bus.



Abb. 3.11 Parkraumzuweisung/ Parkleitsystem Messe Stadt Basel

3.1.9 Nachtfahrverbot Gundeldinger Quartier Basel

In einem Pilotprojekt wurde zur Lärminderung im Gundeldinger Quartier ein Nachtfahrverbot für den Durchgangsverkehr angeordnet. Zu diesem Zweck zeigen Rasterwechselsignale vor dem signalisierten Knotenpunkt Reinacher-/ Dornacherstrasse von 22.00 Uhr bis 06.00 Uhr ein Linksabbiegeverbot an (Abbildung 3.12). Ausnahmen bestehen für Bus und Taxi sowie Zubringerdienst.

Die zulässige Passage ist die Weiterfahrt in der Reinacherstrasse bis zur Münchensteinstrasse. Zur Reduktion der Umweglänge auf maximal 600m und zur Vermeidung einer

Problemverlagerung in ein anderes Wohngebiet wird für die genannte Zeit das Linksabbiegen am Knotenpunkt Münchensteiner-/ Nauenstrasse mittels eines zusätzlichen Wechselsignals zugelassen. Die Signalprogramme der dort befindlichen Lichtsignalanlage wurden entsprechend angepasst.

Die Wechselsignale befinden sich einmal rechts neben der Fahrbahn, ca. 80m vor dem Knotenpunkt und zum anderen am Signalportal der LSA über den Fahrbahnen. Sie werden ergänzt durch statische Signale mit Abbiegeverboten an den Folgeknotenpunkten.



Abb. 3.12 Wechselsignal Nachtfahrverbot Gundeldingerquartier Stadt Basel

3.1.10 Verkehrsleitsystem Bern Wankdorf

Das im Aufbau befindliche Verkehrsleitsystem (VLS) Bern Wankdorf ist Bestandteil des Pilotprojekts „Verkehrsmanagement Bern Nord“. Es zielt auf einen stabilen Verkehrsablauf für MIV und ÖV bei wachsendem Verkehrsaufkommen und auf eine effiziente Bewältigung des Besucherverkehrs des Stadions und des Messegeländes.

Voraussetzung für die Stabilität des Systems sind die beiden grossen Verkehrsinfrastrukturmassnahmen Ausbau des Autobahnanschlusses Bern Wankdorf mit zwei Ausfahrtmöglichkeiten sowie der Umbau des Wankdorfplatzes auf zwei Ebenen.

Das VLS ist ein operatives Instrument zur Steuerung, Leitung und Lenkung des strassengebundenen Verkehrs in einem Perimeter, der von den Autobahnanschlüssen Bern Wankdorf, der Bolligenstrasse/Bolligenallee, der Mingerstrasse, dem Guisanplatz und der Tellstrasse begrenzt wird. Hauptachsen sind in Nord- Süd- Richtung die Papiermühlenstrasse und in Ost- West- Richtung der Schermenweg und die Winkelriedstrasse (Abbildung 3.13).

Ein wesentliches Ziel des VLS ist die Gewährleistung des stabilen Verkehrsflusses auf dem Wankdorfplatz und die rasche Einleitung von Massnahmen im Störfall. Die Bewältigung des Veranstaltungsverkehrs wird zunächst mittels manueller Interventionen abgesichert.

Die dynamische Signalisierung umfasst Ausrüstungen zur dynamischen Wegweisung auf der Autobahn und auf den nachgeordneten Strassen. Sie steht in Verbindung mit der verkehrsabhängigen örtlichen Lichtsignalsteuerung und der Parkraumbewirtschaftung.

Bei Überlastungen oder Blockaden am Wankdorfplatz werden die zulaufenden Verkehrsströme von der Autobahn oder aus Richtung Bolligen kommend mittels Wechseltextanzeigen über die Alternativroute Bolligenstrasse/Bolligenallee und Mingerstrasse gelenkt. Die aus der Innenstadt kommenden Fahrzeuge erhalten am Guisanplatz eine Alternativroutenempfehlung. Hierzu werden Prismenwechselerverkehrszeichen eingesetzt, die Piktogramme und Text enthalten. Dabei wird für die Papiermühlenstrasse das Stausymbol gezeigt, für die Alternativroute der orange Umleitungspfeil. Die Fernzielanzeige entfällt.



Abb. 3.13 Perimeter Verkehrsleitsystem Bern Wankdorf (maps.google.ch)

3.1.11 Parkleitsystem Stadt Lugano

Seit August 2010 ist das Parkleitsystem in Betrieb. Es dient sowohl der Zielführung zu freien Parkierungsmöglichkeiten und der Reduzierung des Parksuchverkehrs als auch als intermodales Angebot zu P&R-Plätzen in Cornaredo, Furnaces and Vezia. Für ortskundige Fahrer dient das Parkleitsystem vor allem der Information über die aktuelle Aufnahmefähigkeit des gewünschten bzw. nächstgelegenen Parkhauses/-platzes. Für weniger ortskundige Verkehrsteilnehmende stellt das Parkleitsystem zugleich eine Routenführung vor allem zum Innenstadtbereich dar bzw. zeigt an, wo der Umstieg auf öffentliche Verkehrsmittel zur Weiterfahrt in die City möglich ist. Die Struktur des Parkleitsystems beinhaltet:

- Neun Routen
- Informationen an den Stadtgrenzen zu P&R-Plätzen
- Vier homogene Parkzonen (City, City- Ost, City- Süd, Bahnhof) mit den dort jeweils vorhandenen Parkhäusern/-plätzen
- maximal 3 Zielangaben an für die Routenwahl geeigneten Knotenpunkten, wenn sinnvoll, werden diese mit zusätzlichen Informationen ergänzt, z. B. zu Veranstaltungen
- nur Parkhäuser/-plätze mit mindestens 50 Plätzen und Zugangssteuerung
- nur Standorte von allgemeinem Interesse, d. h. nicht am Spital oder der Universität

Die Führung zu den einzelnen Parkhäusern/-plätzen erfolgt von aussen nach innen zunächst über den Namen und die Farbe der Zone. Erst in der jeweiligen Zone werden detaillierte Informationen zur aktuellen Belegung angezeigt (Abbildung 3.14).

Das Parkleitsystem hat die übliche Systemarchitektur mit Zentrale, dynamischen Anzeigetafeln und Datenleitungen. Es ist sowohl für Erweiterungen offen als auch für Verbindungen zu Radio, Internet und Informationen in den Fahrzeugen. Die Gesamtkosten belaufen sich auf ca. 3 Mio. CHF. (Quelle: Piano dei trasporti del Luganese, Piano della viabilità del Polo, Scheda settoriale S7, GIT – Gestione informatizzata del traffico, September 2007)

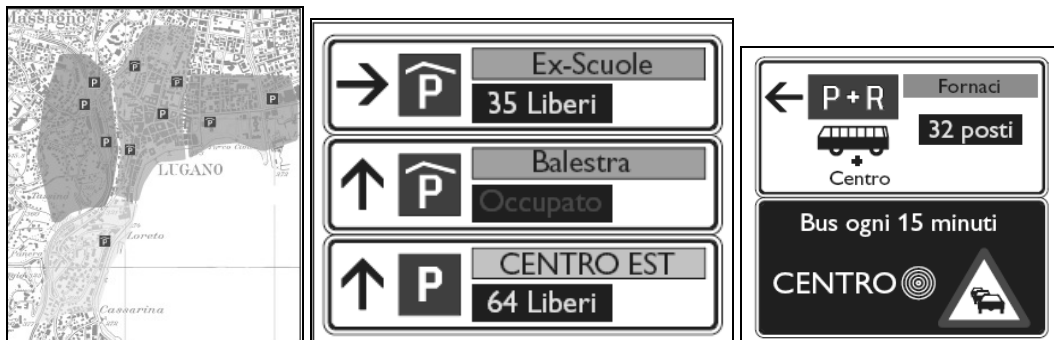


Abb. 3.14 Dynamisches Parkleitsystem Lugano (Quelle: Ing.-büro Ferella Falda)

3.1.12 Dynamische Signalisierung Region Lugano



Abb. 3.15 Übersicht Region Lugano (maps.google.ch)

Abb. 3.16 Dynamische Signalisierung Lugano (Quelle: Ingenieurbüro Ferella Falda)

Zur besseren Beeinflussung des fließenden und ruhenden Verkehrs wird in Lugano neben der Erweiterung der Lichtsignalsteuerung und der Inbetriebnahme des Parkleitsystems das ergänzende System *Infoviabilità* als dynamische Signalisation an wichtigen Zufahrtstrassen geplant (Gesamtkosten ca. 2 Mio. CHF).

Die dynamische Signalisierung soll die Verkehrsteilnehmenden über geplante Grossereignisse informieren, die entweder zu Verkehrsbehinderungen führen oder bei denen Strassen gesperrt werden. Ausserdem werden Informationen bei nicht vorhersehbaren Ereignissen wie Unfällen gegeben.

Die Standorte der dynamischen Signale werden so ausgewählt, dass sie vor Entscheidungspunkten über mögliche Alternativrouten stehen. Dabei wird zwischen Informations- und Vorschriftsignalen unterschieden. Während erstere den Autofahrer bei seiner Routenwahl unterstützen, führen die zweiten zur zwingenden Einhaltung der vorgegebenen Route (Abbildungen 3.15, 3.16).

Bei der Festlegung der Ereignisse, welche in die dynamische Signalisierung einbezogen werden, sind die Faktoren Ort, Häufigkeit, Dauer und verkehrliche Auswirkung von Bedeutung.

Die dynamische Signalisierung soll abgestimmt mit dem Parkleitsystem stattfinden und so zum Beispiel die Zielführung zu P&R-Plätzen unterstützen. Bestandteil von *Infoviabilità* ist eine Wechselwegweisung für den Fall einer Sperrung des Tunnels Vedeggio - Cassarate im Zuge der CHIUSURA GALLERIA, die im Jahre 2012 eröffnet werden soll. Auch die Verkehrsführung bei Sperrung der Seestrasse CHIUSURA LUNGOLAGO wird über dynamische Wechselwegweisung gestaltet. (Quelle: Ingenieurbüro Ferella Falda)

3.1.13 Wechselwegweisung Transitverkehr Stadt Schaffhausen

Die Autobahn N 4 durchquert die Stadt Schaffhausen. Im Jahre 1996 wurde für die Bewirtschaftung der drei einröhrigen Tunnel mit Gegenverkehr (Schönenbergtunnel, Fäsenstaubtunnel, Cholfirsttunnel) auf dem kantonalen Strassennetz eine Wechselwegweisung in Betrieb genommen (Abbildung 3.17).

Bei planmässigen oder kurzfristig erforderlichen Tunnelsperrungen, die mit Ableitungen von der Hochleistungsstrasse an den Anschlüssen Schaffhausen Nord, Süd sowie Flurlingen verbunden sind, wird der Transitverkehr zum nächstmöglichen Anschluss gelenkt. Dafür sind zwei Alternativrouten festgelegt worden. Die Wegweisung erfolgt über Prismenwechselwegweiser, deren Signale in Grundstellung grau sind. Bei Aktivierung durch die Tunnelleitzentrale erscheint die grüne Fernzielanzeige gemäss HLS- Wegweisung (Zürich bzw. Singen/ Stuttgart). Bei Aktivierung der Alternativrouten wird durch die Tunnelleitzentrale eine Meldung an die städtische Verkehrsleitzentrale (Verkehrsrechner) abgesetzt. Dort werden die Lichtsignalanlagen in den betroffenen Streckenabschnitten schalten auf leistungsfähigere Signalprogramme für den Umleitungsverkehr geschaltet. (Quelle: Erb & Partner AG)



Abb. 3.17 Übersicht Autobahn A 4 Stadt Schaffhausen (maps.google.ch)

3.2 Forschungs- und Projektergebnisse aus dem europäischen Ausland

3.2.1 Überblick

In Deutschland sind, ebenfalls von dynamischen Signalisierungen auf Autobahnen ausgehend, Untersuchungen zu deren Einsatz auf dem nachgeordneten Strassennetz durchgeführt worden. Dabei spielt die Einbindung in regionale bzw. überregionale Verkehrsmanagementsysteme eine zunehmende Rolle.

Ein Schwerpunkt der Forschung war die Vernetzung dynamischer Verkehrsbeeinflussungssysteme. Die Vernetzung findet sowohl im zuständigkeitsübergreifenden Verkehrsmanagement statt als auch bei der Verknüpfung von Ringstrukturen überörtlicher Straßen mit städtischen Verkehrsnetzen [35].

Für innerörtliche Bereiche wurden „Hinweise zu Parkleitsystemen“ entwickelt [13]. Im Jahre 2001 erschienen zudem die „Hinweise für die Planung und den Einsatz von Geschwindigkeitswarnanlagen“. Sie sind auch für Hauptverkehrsstrassen relevant [14]. Zu den dynamischen Signalisierungen gehören weiter die variablen Fahrstreifen-zuteilungen, für die 2003 entsprechende FGSV- Hinweise erstellt wurden [17].

In verschiedenen deutschen Städten werden auf HVS Dynamische Informationen verwendet. So z. B. durch Wechseltextanzeigen der Verkehrsmanagementzentrale Berlin (VMZ), auf Stadtinformationstafeln in Erfurt und Köln und über grafische Displays von „Netzinfo München“. In Leipzig wurde 2006 ein Pilotprojekt zu dynamischen Wechselwegweisungen mit integrierter Stauinformation (dWiSta) an Autobahnanschlüssen und an wichtigen innerörtlichen Knotenpunkten realisiert [1].

Aus den „Hinweisen zur Wirksamkeitsschätzung und Wirksamkeitsberechnung von Verkehrsbeeinflussungsanlagen“ können unbeschadet der Tatsache, dass diese vor allem HLS betreffen, einige Erkenntnisse übernommen werden [10]:

- Einsatzziele sind die Verbesserung der Verkehrssicherheit und der Verkehrsqualität.
- Für die Wirksamkeitsuntersuchungen werden vier zeitliche Phasen unterschieden:
 - die Konzeptionsphase,
 - die Realisierungsphase,
 - die Gewöhnungsphase und
 - die Betriebsphase.

Die beiden erstgenannten Phasen werden dem Vorherzeitraum zugeordnet, die Betriebsphase dem Nachherzeitraum.

Die dazwischen liegende Gewöhnungsphase wird in den Hinweisen nicht detailliert behandelt. Aus mehreren Projekten heraus ist jedoch bekannt, dass diese besondere Aufmerksamkeit verlangt. Zum einen sollen sich die Verkehrsteilnehmenden an die neuen Ausrüstungen und Informationen gewöhnen und deren Zuverlässigkeit erfahren. Zum anderen benötigt auch das Betriebspersonal praktische Erfahrungen mit den zumindest örtlich neuen Betriebsmitteln. In der begleitenden Diskussion während der Erarbeitung der Hinweise wurde deutlich, dass der Einsatz dynamischer Signalisierungen bei nahezu gleichem Equipment stark von den örtlichen Bedingungen abhängt. Dies weist auf die Bedeutung der Gewöhnungsphase hin.

- Basierend auf deutschen Erfahrungen enthalten die Hinweise Angaben zu Befolgungsraten bei der Alternativroutenführung (Verkehrslenkung). Diese hängen von der so genannten Maschengrösse und dem Umwegfaktor ab. Im günstigsten Fall kann eine Befolgungsrate für die empfohlene Alternativroute von bis zu 40% erreicht werden, im ungünstigsten Fall ist sie nahezu 0%, also ohne positive Wirkung.

Ebenfalls auf Autobahnen fokussiert sind die „Hinweise für Steuerungsmodelle von Wechselverkehrszeichenanlagen in Ausserortsbereichen“ der FGSV. Diese bereits 1992 publizierten Hinweise beinhalten grundlegende methodische Ansätze für die Planung derartiger Systeme. Sie sind zumindest partiell auf andere dynamische Signalisierungen übertragbar. Die Anwendung des Begriffs Steuerungsmodell wird daher empfohlen [12].

Für die Untersuchungen von dynamischen Signalisierungen sind auch die nachstehenden Forschungsberichte des deutschen Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (Reihe Straßenbau und Straßenverkehrstechnik) von Interesse, sie betreffen überwiegend den Verkehrsablauf auf Autobahnen betreffen.

- Verkehrstechnische Effekte kollektiver und individueller Zielführung [34]
- Dynamische Verkehrsinformationstafeln [6]
- Dynamische Wegweiser mit integrierten Stauinformationen (dWiSta) [7]

Auf die für das vorliegende Forschungsprojekt relevanten Aspekte aus diesen Berichten wird an den jeweiligen Stellen im Bericht eingegangen.

In weiteren Ländern (Grossbritannien, Frankreich, Niederlande, USA usw.) gehören Variable Message Signs (VMS) zur zeitgemässen HLS – Ausstattung. Die Nutzung dieser dynamischen Vorschriftsignale und Leitsysteme ist Stand der Technik und in verschiedenen Veröffentlichungen dokumentiert.

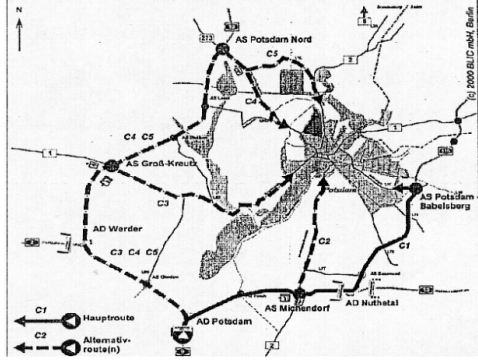



Detaillierte Recherchen in Frankreich und in den Niederlanden führten jedoch zu keinen nennenswerten Ergebnissen hinsichtlich der Anwendung auf Hauptverkehrsstrassen, abgesehen vom temporären Einsatz von dynamischer Signalisierung bei Baustellen. Für innerörtliche Bereiche stehen Parkleitsysteme und Informationsanzeigen im Vordergrund. Abbildung 3.18 zeigt eines der neu installierten VMS in Essex County/ Grossbritannien. Als Bestandteil des regionalen Verkehrsmanagements werden die Verkehrsteilnehmer auf mehreren Hauptverkehrsstrassen über Behinderungen, Unfälle und Reisezeiten sowie Grossveranstaltungen informiert. Die Standorte sind so gewählt worden, dass die Fahrer vor Entscheidungspunkten für Alternativrouten über die Verkehrslage in Kenntnis gesetzt werden.



Abb. 3.18 VMS Essex/ Grossbritannien (Quelle: trafficttechnology.com)

Zu Projekten mit umfänglicherer dynamischer Signalisierung auf Hauptverkehrs- und weiteren Strassen in Deutschland gibt die Abbildung 3.19 einen Überblick.

Abb. 3.19 Projektbeispiele dynamischer Signalisierungen auf HVS in Deutschland

Beispiel	Funktion	Ausrüstungen
<p>Verkehrabhängige Wegeführung Potsdam (Bildquelle: Grahl)</p> 	<p>Zielführung aus der Region zur City bzw. zu Veranstaltungsorten, Routenauswahl in Abhängigkeit vom Level of Service(LOS), einbezogen sind Autobahnabschnitte, Bundes- und Landesstrassen</p>	<p>Verkehrserfassungseinrichtungen (IS), Wechselwegweiser (Prismentechnik und frei programmierbare LED- Anzeigen), regionale Verkehrsleitzentrale wirkt mit städtischer LSA- Zentrale und überregionaler Autobahnleitzentrale zusammen</p>
<p>Verkehrsleitsystem Nürnberg (Bildquelle: VLS Nürnberg)</p> 	<p>Trennung sich überlagernder Verkehrsströme mit unterschiedlichen Zielen im Gebiet (bei Grossveranstaltungen) durch variable Routenführung, Zielführung zu den jeweiligen Parkplätzen</p>	<p>Verkehrserfassungseinrichtungen (IS, Videokameras), Wechselwegweiser (Prismentechnik und frei programmierbare LED- Anzeigen), Verkehrsleitsystemzentrale</p>
<p>Netzbeeinflussungsanlage Hannover (Bildquelle: Grahl)</p> 	<p>Alternativroutenführung auf Bundesstrassenabschnitten im Stadtgebiet Hannover, bei Verkehrsüberlastung und Störungen im Raum Hannover Süd-West</p>	<p>Videokameras, dWiStafeln</p>
<p>Verkehrsmanagementzentrale Berlin (Bildquelle: VMZ Berlin)</p> 	<p>Verkehrsinformationen an wichtigen Einfallachsen im Stadtgebiet Berlin</p>	<p>Videokameras, frei programmierbare WTA</p>

Neben den in Abb. 3.19 aufgeführten ersten Projekten sind weitere realisiert worden.

3.2.2 Dynamisches Wegweisungssystem Stadt Dresden

Im Rahmen des von der Landeshauptstadt Dresden in Kooperation mit der Technischen Universität Dresden entwickelten und betriebenen Verkehrs-Analyse-, -Management- und -Optimierungs-Systems (VAMOS) wurde im Netz der Hauptverkehrsstrassen eine dynamische Wegweisung installiert [19]. An derzeit zwölf entscheidungsrelevanten Punkten im HVS- Netz und neun Wechselwegweisern auf der Autobahn können Fahrtziele variiert werden. Verwendet werden Prismenwender, die in die Vorwegweiser integriert sind. Auf der Grundlage automatisch erfasster Verkehrsdaten erfolgt eine Verkehrslageerkennung, aus der heraus Alternativroutenvorschläge aktivierbar sind. Vor der Aktivierung der Alternativroute wird geprüft, ob diese vom jeweiligen Startort bis zum angegebenen Zielort störungsfrei ist und Kapazitätsreserven für den umgelenkten Verkehr aufweist. Das Ganze läuft automatisch.

Zudem besteht in Dresden ein dynamisches Parkleitsystem zu verschiedenen Parkierungsbereichen. Da die Zufahrtrouten oftmals stark staugefährdet sind, wurden an vier Anzeigetafeln die Richtungspfeile drehbar gestaltet. Wird durch das städtische Operative Strassenverkehrsmanagementsystem VAMOS ein Stau detektiert, so wird der Pfeil automatisch in die Richtung gedreht, in der die Zufahrtroute keinen Stau aufweist. Manuelle Eingriffe sind ebenfalls möglich, z. B. bei Strassenüberflutung infolge Hochwasser.

3.2.3 Dynamische Signalisierungen Stadt München

Die dynamische Signalisierung auf Hauptverkehrsstrassen in der Stadt München umfasst

- die Fahrspursignalisierung im Bereich der Messe Riem in vier Abschnitten
- verschiedene Aktoren im Rahmen der Parkleitsysteme Allianz Arena, Olympiastadion, München Zentrum, Messe Riem (insgesamt ca.70 Standorte, die Anzeigen erfolgen zum Teil über Prismenwender, zum Teil über LED- Anzeigen)
- Tunnelsysteme: 7 Tunnel mit dynamischer Beschilderung ausgerüstet, bis 2016 werden 20 Strassentunnel und Unterführungen ausgerüstet sein. Alle Tunnel haben mindestens eine dynamische LED- Anzeige am Tunnelportal, diverse Prismenwender im Vorfeld sowie LED basierte Wegweiser im Tunnel
- Wechselsignale für dynamische Abbiegegebote an Kreuzungen
- 13 Wechselwegweiser im Stadtgebiet. Im Bereich der Allianz Arena wurden die Wechselwegweiser zum Teil mit dem Parkleitsystem kombiniert

Im Laufe der Jahre sind verschiedene technische Lösungen realisiert worden. Dazu gehören u. a. ein Internet basiertes Steuerungsnetzwerk, die einheitliche Schnittstelle für Verkehrsregelungsanlagen VnetS sowie spezifische Hard- und Softwarelösungen für Tunnelausstattungen. (Quelle: Kreisverwaltungsreferat München)

3.2.4 Integrierte Verkehrsbeeinflussung Stuttgart

Die Stadt Stuttgart ist ein wesentliches Quell- und Zielzentrum für den MIV. Aufgrund der topografischen Bedingungen ist ein kapazitätserhöhender Ausbau der Strasseninfrastruktur kaum möglich, so dass der Einsatz verkehrsorganisatorischer und verkehrstelematischer Massnahmen unabdingbar wurde. Dazu gehören auch dynamische Signalisierungen auf Hauptverkehrsstrassen.

Bei der Planung und Realisierung arbeiten die verantwortlichen Betreiber auf Ebene Stadt und Bundesland eng zusammen. Das schliesst auch die Erfüllung der so genannten strassenverkehrsbehördlichen Anordnungen ein, die für Signalisationen im öffentlichen Strassenraum erforderlich sind.

Grundlage für die Massnahmen bilden vor allem das Gesamtkonzept für den Zielverkehr Stuttgart und ein Masterplan für die statische Vorwegweisung und dynamische Signalisierung. Darin werden u. a. die Standorte und Inhalte der Anzeigen festgelegt.

In den vergangenen Jahren wurden mehrere Projekte realisiert:

- Netzbeeinflussung BAB A 81, B 10/ B 295: Tritt ereignisbedingt eine Störung auf der Bundesstrasse B 10 auf, so kann bei ausreichender Kapazität die Alternativroute B 295 dynamisch angezeigt werden. Zu diesem Zweck wurden sowohl auf der tangentialen Autobahn als auch im Stadtzentrum „Dynamische Wechselwegweiser mit integrierter Stauinformation“ installiert. Diese Massnahme wird nicht bei täglichen Verkehrsüberlastungen angewendet, da eine regelmässige räumliche Stauverlagerung nicht gewollt ist.
- Verkehrslagerfassung Bundesstrasse B 27 Süd mit Reisezeitanzeigen und intermodalen Reiseinformationen: Auf der Grundlage von Reisezeitmessungen im MIV und dem Vergleich mit den ÖV- Reisezeiten werden die Verkehrsteilnehmer mittels dynamischer Anzeigen über die aktuelle Verkehrslage, insbesondere über Ereignisse wie unfallbedingte Staus, informiert und Reisealternativen angezeigt. Es handelt sich um frei programmierbare Text- und Grafikanzeigen (Abbildung 3.20).

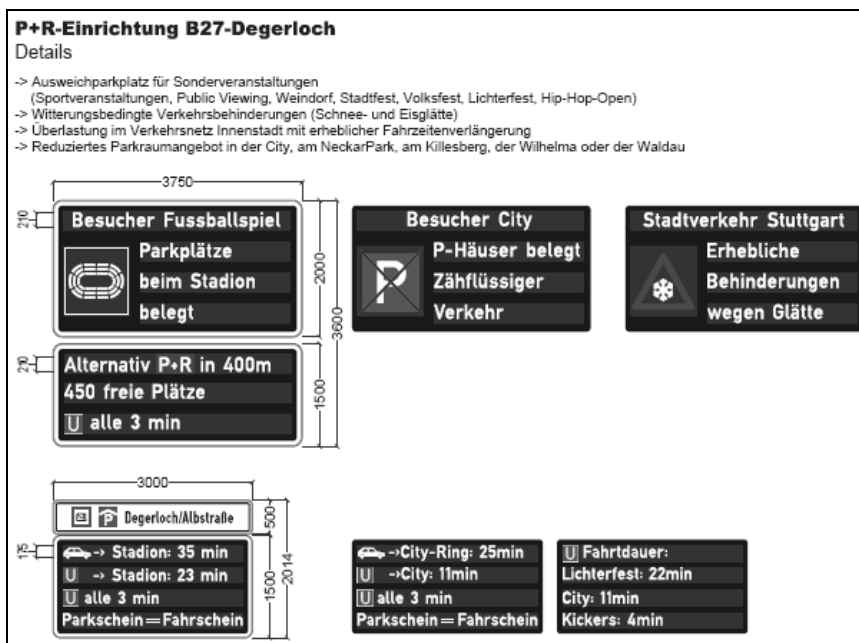


Abb. 3.20 Dynamische Signalisierung B 27 Stadt Stuttgart (Quelle: IVLZ Stuttgart)

Die dynamischen Informationsanzeigen beziehen sich auf Zielangaben der statischen (Vor-) Wegweisung (Abbildung 3.21).

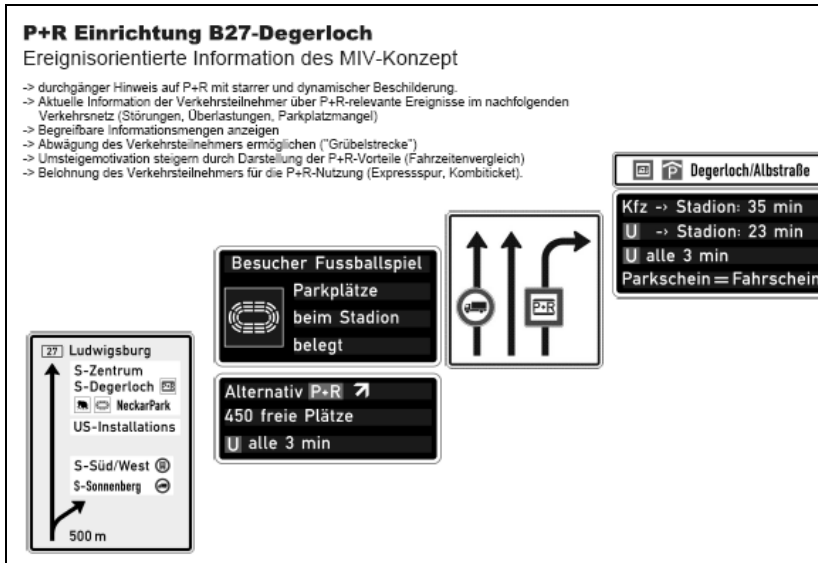


Abb. 3.21 Verknüpfung statische und dynamische Signalisierung B 27 Stuttgart (Quelle: IVLZ Stuttgart)

▪ Leitsystem Neckarpark:

Hierbei handelt es sich um ein variabel nutzbares System dynamischer Signale, die sowohl zur Routenführung und als Parkleitsystem bei Veranstaltungen genutzt werden als auch als Wechselwegweiser bei ereignisbedingten Sperrungen der statisch ausgeschilderten Stammstrecke (Abbildung 3.22). Diese Wechselwegweisung wird ebenfalls nicht zur Stauverlagerung genutzt.



Abb. 3.22 Dynamische Signalisierung B- Strassen Stadt Stuttgart (Quelle: IVLZ Stuttgart)

Aus dem Einsatz dynamischer Signalisierungen in Stuttgart lassen sich folgende Erfahrungen sammeln:

- Alle Massnahmen basieren auf einem Gesamtkonzept, das schrittweise umgesetzt wird und den Grad der Akzeptanz bisheriger Lösungen berücksichtigt.
- Die Signalisierungen erfolgen nach dem Prinzip „Von innen nach aussen“, d. h. der einflussende Verkehr wird so früh wie möglich vor Entscheidungspunkten über die Verkehrslage informiert und erhält wenn möglich Handlungsempfehlungen. Für alle Alternativrouten inklusive dort befindlicher Knotenpunkte ist eine durchgängige Zielführung sicherzustellen.

- Die dynamische Signalisierung erfolgt nur, wenn das auslösende Ereignis vorliegt, nicht präventiv. Die Deaktivierung erfolgt zum frühest möglichen Zeitpunkt.
- Die inhaltliche Gestaltung der frei programmierbaren Wechseltextsignale erfolgt in einer für die Verkehrsteilnehmenden schnell begreif- und nachvollziehbaren Form. Bei Bedarf werden spezifische Texte und Signeten verwendet. Das sind Informationstafeln und keine Signale im Sinne der Strassenverkehrsordnung.

Der Befolgungsgrad dynamischer Signale mit ereignisbezogenen LED- Anzeigen ist höher als bei Signalen in Prismentechnik, die in Vorwegweiser integriert sind.

(Quelle: Tiefbauamt Landeshauptstadt Stuttgart, Abteilung Straßen und Verkehr)

3.3 Zusammenfassung der Grundlagen- Recherchen

- Der analysierte und hier beschriebene Stand der Forschung zeigt, dass bislang weder national noch international spezifische Untersuchungsergebnisse zum Einsatz dynamischer Signalisierungen ausschliesslich auf HVS gefunden wurden.
- Hingegen gibt es vielfältige (Teil-) Anwendungen, aus denen sich Schlussfolgerungen zur Vorgehensweise bei der Planung und Realisierung ableiten lassen. Diese werden in den folgenden Kapiteln aufbereitet.
- Die Projektbeispiele zeigen grosse Unterschiede bei der Gestaltung und Anordnung der Signale. Das betrifft vor allem die frei programmierbaren Anzeigen. Die Aussagen zur Wirksamkeit der Anlagen können noch nicht durch verkehrspsychologische Untersuchungen bestätigt oder korrigiert werden.
- Für das weitere Vorgehen ist die Erkenntnis aus zahlreichen Interviews mit Werkseigentümern und Planern wichtig, dass es eine Relation zwischen generell gültigen Abläufen und spezifischen örtlichen/ regionalen Bedingungen gibt. Diese kann pauschal mit ein Drittel zu zwei Drittel eingeschätzt werden. Das heisst: es ist wenig zielführend, alle Arbeitsschritte in grosser Detaillierung zu beschreiben. Die Forschungsarbeit sollte daher einen „roten Faden“ liefern, mit dessen Hilfe die projektspezifischen Anforderungen und Lösungsmöglichkeiten identifiziert sowie die Vorgehensweise bei der Planung strukturiert werden können.

4 Gliederung von dynamischen Signalisierungen und Begriffe

4.1 Mögliche Strukturierungsansätze

Für die weiteren Untersuchungen ist eine geeignete Gliederung für dynamische Signalisierungen erforderlich.

Wie die Auswertung von nationalen und internationalen Anwendungsfällen in Kapitel 3 gezeigt hat, dienen dynamische Signalisierungen vor allem dazu, konventionelle statische Signalisierungen zu dynamisieren und/ oder den Verkehrsteilnehmenden zusätzliche fahrtrelevante Informationen zu vermitteln. Diese elementaren Aufgaben des operativen Verkehrsmanagements lassen sich funktional in

- Verkehrsbeeinflussung durch Steuern, Leiten, Lenken und
- Verkehrsinformation

gliedern und als Einsatzzwecke der dynamischen Signalisierung bezeichnen.

Hierfür sind in „Verkehrsmanagement in der Schweiz (VM CH), Verkehrstechnische Vorgaben“ in Anlehnung an SN 640 781 Begriffe definiert worden, von denen nachstehend die für diese Forschungsarbeit relevanten zitiert werden [64]:

Verkehrsinformation	ist in Kenntnis setzen der Verkehrsteilnehmer über Sachverhalte, welche für deren Fahrt von Bedeutung sein können. <ul style="list-style-type: none"> ▪ Verkehrsinformation über Rundfunk, RDS-TMC, Internet; ▪ Verkehrsinformation über Wechseltextanzeige (WTA);
Verkehrslenkung	sind Massnahmen auf Knoten und Strecken zur Lenkung des Verkehrs im Netz. <ul style="list-style-type: none"> ▪ Verkehrsinformation mit Empfehlungen über WTA; ▪ Verkehrsinformation mit Empfehlungen über Rundfunk etc. ▪ Umleitungswegweisung über Wechselwegweisung (WWW);
Verkehrsleitung	sind Massnahmen zur Leitung des Verkehrs auf einer Strecke. <ul style="list-style-type: none"> ▪ Geschwindigkeitsharmonisierung z.B. bei Überschreitung einer bestimmten Verkehrsbelastung; ▪ Leitung des Verkehrs auf einer Strecke mit Hilfe von Gefahrenwarnungen; ▪ Leitung des Verkehrs bei Baustellen, Ereignissen und Unfällen; ▪ Lastwagenüberholverbot.
Verkehrssteuerung	ist die Steuerung einzelner Ströme an Knoten und an Objekten mit Hilfe von Lichtsignalen.

Darüber hinaus ist eine Unterteilung nach Einsatzarten zweckmässig. Diese stellen zwischen Inhalt und räumlichen Wirkungsbereich der Signale bzw. Informationen einen Bezug her. Sie werden in drei Gruppen gegliedert:

- streckenbezogene dynamische Signalisierungen,
- netzbezogene dynamische Signalisierungen und
- dynamische Informationsanzeigen.

Schliesslich sollte eine Gliederung die wesentlichen Betriebsmittel beinhalten, also Wechselsignale, Wechselwegweiser und Wechseltextanzeigen.

Bei der Erarbeitung der Gliederung von dynamischen Signalisierungen sind zudem folgende Grundlagen und Sachverhalte zu beachten:

- die vorhandenen bzw. im Entwurf vorliegenden Normen SN 640 803 Verkehrsbeeinflussung auf Autobahnen und Autostrassen, Wechselsignale, SN 640 804 Verkehrsbeeinflussung auf Autobahnen und Autostrassen, Wechselwegweisung und SN 640 805 Verkehrsbeeinflussung auf Autobahnen und Autostrassen, Wechseltextanzeigen [47],[48],[49];
- die Normen SN 640 781 Verkehrsmanagement Begriffssystematik und SN 671 831 Strassenverkehrstelematik – Grundnorm [46],[57];
- die laufenden Bearbeitungen des ASTRA zu VM CH und den Betriebs- und Sicherheitsausrüstungen;
- die teilweise unterschiedlichen begrifflichen und praktischen Gegebenheiten in der Schweiz im Vergleich mit den europäischen Nachbarstaaten;
- den ansatzweisen Versuch, Kompatibilität zu den sich entwickelnden Strukturen kooperativer Systeme zu ermöglichen.

Nach umfänglicher Diskussion verschiedener Lösungsansätze wird eine Gliederung von dynamischen Signalisierungen nach den Einsatzarten favorisiert und den weiteren Untersuchungen zu Grunde gelegt (Abbildung 4.1). Dabei ist zu beachten, dass sich die Einsatzzwecke in der Realisierung überlagern können. Aus methodischen Gründen ist jedoch eine Form der Beschreibung zu finden, bei der der „rote Faden“ nicht verlorengeht.

4.2 Systemabgrenzung und Begriffstruktur

Die Begriffe Verkehrssteuerung, -leitung, -lenkung und -information auch Massnahmen, die nicht zur dynamischen Signalisierung gehören (siehe VM CH – Definitionen).

Entsprechend der Aufgabenstellung für das Forschungsprojekt spielt die Verkehrssteuerung mittels Lichtsignalanlagen für die dynamische Signalisierung auf HVS eine untergeordnete Rolle und wird nicht weiter verfolgt. Das entsprechende Feld in Abb. 4.1 ist deshalb grau hinterlegt.

Die Untergliederung der streckenbezogenen Signalisierung entspricht der Signalisationsverordnung. Die zur Wegweisung bestimmten Signale werden funktional den Zielführungen zugeordnet und deshalb in Kapitel 7 weiter behandelt.

Im Hinblick auf die zunehmende Rolle fahrzeugseitiger und kooperativer Systeme wird auch für die strassenseitigen dynamischen Systeme zur Verkehrslenkung der Begriff Zielführung eingeführt. Damit können Gemeinsamkeiten und Unterschiede dieser Systeme besser identifiziert werden.

Die gewählte Differenzierung der Zielführungen nach Umleitungswegweisung, Alternativroutenführung und Parkleitsystemen wird ebenfalls in Kapitel 7 ausführlich begründet.

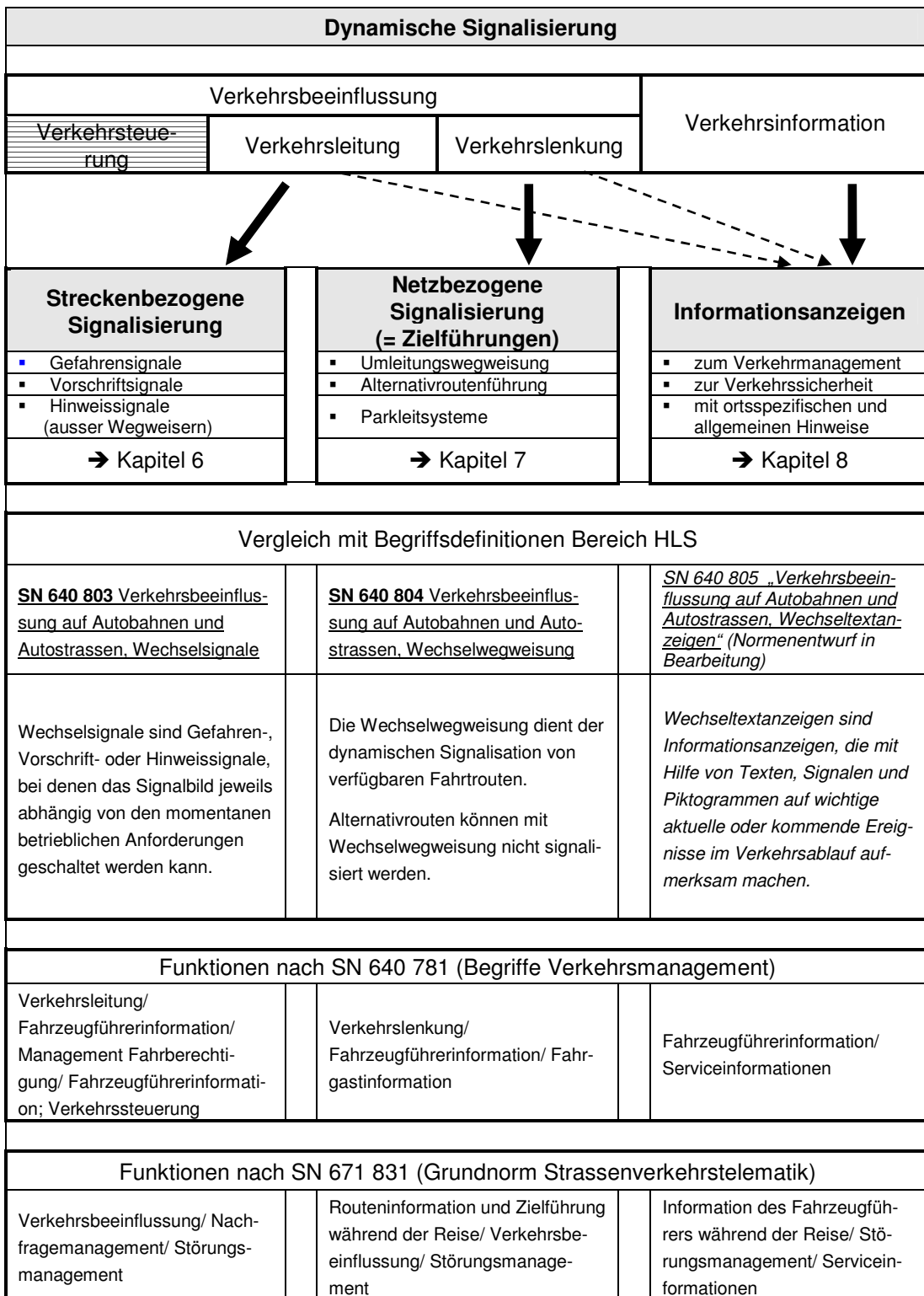
Bei den Informationsanzeigen bilden die Sachverhalte Verkehrsmanagement, Verkehrssicherheit und lokale bzw. allgemeine Informationen den Ansatz für die Untergliederung.

In der Praxis ist die Tendenz festzustellen, dass dynamische Informationsanzeigen nicht nur der Verkehrsinformation dienen sondern partiell auch zum Leiten und Lenken eingesetzt werden. Darauf wird im Kapitel 8 näher eingegangen. Die schraffierten Pfeile in der Abb. 4.1 deuten diesen Sachverhalt an.

Zum besseren Verständnis der Gemeinsamkeiten und Unterschiede dynamischer Signalisierungen auf HVS und HLS erfolgt in Abb. 4.1 ein Verweis auf die HLS- Normen. Der

Vollständigkeit halber wird auch der Bezug zu den Verkehrsmanagement- bzw. Verkehrstelematikenormen hergestellt.

Abb. 4.1 Einsatzarten der dynamischen Signalisierung



Eine übersichtliche Darstellung der bei der Gliederung von dynamischen Signalisierungen verwendeten Begriffe enthält das Glossar zu diesem Forschungsbericht.

5 Grundlagen für Planung, Realisierung und Betrieb

5.1 Einleitung

Für die methodische Planung von dynamischen Signalisierungen als Bestandteil der technischen Verkehrsinfrastruktur und als Mittel des Verkehrsmanagements liegen keine generellen Regelungen vor. In diesem Kapitel wird deshalb das allgemein gültige methodische Vorgehen bei der Planung von strassenseitigen Verkehrsbeeinflussungs- und/-informationsanlagen mit dynamischen Signalisierungen behandelt. Die spezifischen Belange für streckenbezogene Signalisierungen, Zielführungen und Informationsanzeigen werden in den Kapiteln 6 bis 8 untersucht.

Das Ziel ist es, eine geeignete Struktur der Darstellung zu entwickeln. Dazu wird der generelle Planungsansatz nach Projektstufen auf den Planungsprozess von dynamischen Signalisierungen angewendet.

Im Weiteren werden Anforderungen und Lösungen für die systemtechnische und betriebliche Umsetzung behandelt. Dem folgen allgemein gültige Hinweise zur Gestaltung dynamischer Signale.

5.2 Planungsmethodik

5.2.1 Genereller Planungsansatz nach Projektstufen

Der Planungsansatz nach Projektstufen wird für die verkehrsplanerischen und verkehrstechnischen und in der Folge auch die systemtechnischen sowie betrieblich-organisatorischen Planungsaufgaben benützt. Es handelt sich um die Projektstufen Planungsstudie, Vorprojekt und Definitives Projekt gemäss SN Normen 640 027, 640 028 und 640 029 [43], [44], [45].

Innerhalb der Projektstufen ist eine Differenzierung nach verkehrlicher, technischer und betrieblicher Planung zweckmässig. Eine Beschreibung anhand der SIA- Projektphasen ist möglich, jedoch für die hier darzustellenden Sachverhalte nicht zwingend erforderlich.

Basierend auf diesem Lösungsansatz zeigt Abbildung 5.1 schematisch den jeweiligen relativen Aufgabenumfang innerhalb einer Projektstufe (••• gross, •• mittel, • klein).

Abbildung 5.1 Projektstufen und Planungsbereiche

		<u>Planung</u>	Verkehrliche Planung	Betriebliche Planung	Systemtechnische Planung
Projektstufen	Planungsstudie		•••	••	•
	Vorprojekt		••	••	••
	Definitives Projekt		•	•	•••
<u>(Realisierung, Betrieb)</u>					

Entsprechend [43] wird mit der Planungsstudie das Projekt grob entworfen und begründet. Sie umfasst die Schritte:

- Situation analysieren;
- Zielsetzungen definieren;
- Randbedingungen festlegen;
- Projekt erarbeiten (Varianten);

- Projekt prüfen in Form einer Zweckmässigkeitsbeurteilung (siehe 5.2.2).

Das Vorprojekt dient nach [44] dazu, die letzten übrig gebliebenen Varianten vergleichend zu beurteilen und für die als beste bewertete Nutzens und Kosten zu bestimmen. Sämtliche Anforderungen für die Projektierung, den Bau, den Unterhalt und den Betrieb werden damit festgelegt

Das definitive Projekt unterscheidet sich gemäss [45] vom Vorprojekt durch detailliertere technische Angaben, die Konkretisierung der Massnahmen zum Schutz der Umwelt und die Erstellung eines generellen Kostenvoranschlags aufgrund des Kontenplans.

Der Umfang und Inhalt der Leistungen in den Projektstufen sowie das Vorgehen sind dem jeweiligen Projekttyp und der Komplexität anzupassen.

5.2.2 Zweckmässigkeitsbeurteilung und Kosten/Nutzen - Analyse

Die Zweckmässigkeitsbeurteilung als Aufgabe beim Erstellen der Planungsstudie besteht in der Beurteilung des Bedarfs, der Realisierbarkeit des Projektes und deren Auswirkungen in allen wesentlichen Aspekten (Verkehr, Umwelt, Raumordnung, Kosten). Es werden die Vor- und Nachteile von Varianten und Alternativen aus Sicht des Betreibers, des Benutzers und der Allgemeinheit untersucht.

Das Ergebnis der Planungsstudie ist mit der Zweckmässigkeitsstudie in der Regel die optimale Variante mit entsprechendem Bedarfs- und Machbarkeitsnachweis.

Dynamische Signalisierungen gehören zu Systemen der Strassenverkehrstelematik. Für diese wird in der Norm SN 671 833 „Zweckmässigkeitskriterien für Strassenverkehrsinfrastruktureinrichtungen von Strassenverkehrstelematik- Systemen“ eine Beurteilung verlangt, wobei das Vorgehen für vier verschiedene Gruppen festgelegt ist [59]:

- Gruppe A: Systeme, die von der öffentlichen Hand (mit-)finanziert werden. Für diese Systeme wird eine volkswirtschaftliche Bewertung der Wirkungen vorgenommen. In bestimmten Fällen genügt eine betriebswirtschaftliche Analyse.
- Gruppe B: Systeme, die privatwirtschaftlich finanziert werden und öffentliche Strassenverkehrsinfrastrukturen beanspruchen. Für diese Systeme ist eine formelle Beurteilung notwendig.
- Gruppe C: Systeme, die privatwirtschaftlich finanziert werden und keine öffentlichen Infrastrukturen beanspruchen, die aber Auswirkungen auf Dritte, auf die Umwelt, die öffentliche Hand usw. haben. Für diese Systeme sind (freiwillige) Vereinbarungen zwischen der öffentlichen Hand und den Betreibern anzustreben. Falls solche Vereinbarungen bestehen, muss deren Einhaltung geprüft werden.
- Gruppe D: Systeme, die privatwirtschaftlich finanziert werden, die keine öffentlichen Infrastrukturen beanspruchen und keine Auswirkungen auf Dritte, die Umwelt, die öffentliche Hand usw. haben. Für diese Systeme ist keine formelle Beurteilung notwendig.

Aus der Abbildung 5.2 lässt sich ableiten, welche Beurteilung für die jeweiligen Einsatzarten der dynamischen Signalisierung zutrifft.

Strassenverkehrstelematik-System (SVT)		Zuteilung zu Gruppe			
		A	B	C	D
Hauptthemenbereich: Verkehrs-, Transportmanagement und Betrieb					
Verkehrsbeeinflussung	Verkehrslenkung	✓	–	–	–
	Verkehrsleitung	✓	–	–	–
	Verkehrssteuerung	✓	–	–	–
	Beeinflussung Parksuchverkehr	(✓)	(✓)	–	–
	Parkraumbewirtschaftung	(✓)	–	–	–
	Management der Fahrberechtigung	✓	–	–	–
Management des öffentlichen Verkehrs	Betriebsleitung Linienbetrieb	nicht Gegenstand der Vornorm			
	Betriebsleitung nachfrageabhängiger Betrieb	nicht Gegenstand der Vornorm			
Überwachung und Intervention	Störungsmanagement	✓	–	–	–
	Verkehrsüberwachung	✓	–	–	–
Betrieblicher Unterhalt der Strasse		✓	–	–	–
Fracht-/Flottenmanagement	Frachtmanagement	–	(✓)	(✓)	(✓)
	Flottenmanagement	–	(✓)	(✓)	(✓)
Hauptthemenbereich: Verkehrs-, Reise- und Serviceinformation					
Reiseinformation		(✓)	(✓)	(✓)	(✓)
Verkehrsinformation	Fahrzeugführerinformation	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)
	Fahrgastinformation	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)
Serviceinformation		–	(✓)	(✓)	(✓)

Abb. 5.2 Gruppierung von Strassenverkehrstelematiksystemen nach [59]

Bei der wirtschaftlichen Beurteilung von Verkehrstelematikprojekten sind in der Regel folgende Aspekte zu berücksichtigen:

- Zeitgewinne der Benutzer
- Fahrzeugbetriebskostensparnisse der Benutzer
- Veränderungen bei den Betriebs- und Unterhaltskosten der Betreiber
- externe Kosten: Unfallfolgekosten, soziale Kosten der Luftverschmutzung, soziale Kosten des Verkehrslärms und soziale Kosten von Störungen im Verkehrsablauf (Staus)
- Investitionskosten

Unter Benutzer werden sämtliche Verkehrsteilnehmer verstanden. Neben dem motorisierten Individualverkehr MIV und dem öffentlichen Verkehr ÖV sind also auch Fussgänger und Velofahrer eingeschlossen, soweit dies sachlich zutrifft.

In [59] wird kein ausdrücklicher Bezug zu anderen Normen für Kosten/Nutzen - Analysen im Strassenverkehr hergestellt. Der Vollständigkeit halber werden sie hier aufgeführt.

SN 641 820 Kosten/Nutzen – Analysen im Strassenverkehr [52]

Das Ergebnis einer Kosten/Nutzen - Analyse gibt Auskunft, ob sich die Realisierung eines Projekts im Vergleich zum Referenzfall aus Sicht der ökonomischen Effizienz lohnt, d.h. ob die volkswirtschaftlichen Nutzen des Projekts höher sind als dessen volkswirtschaftliche Kosten. Die betriebswirtschaftliche Analyse berücksichtigt ausschliesslich Nutzen und Kosten, die für Betreiber der Infrastruktur relevant sind.

In weiteren Normen werden Elemente der Kosten/Nutzen - Analysen detailliert behandelt:

- SN 641 822 Kosten/Nutzen - Analysen im Strassenverkehr, Zeitkosten im Personenverkehr [53]
- SN 641 823 Kosten/Nutzen - Analysen im Strassenverkehr, Zeitkosten im Güterverkehr [54]
- SN 641 827 Kosten/Nutzen - Analysen im Strassenverkehr; Betriebskosten von Strassenfahrzeugen [55]

5.2.3 Planungsprozess für dynamische Signalisierungen

Die im Kapitel 3 vorgestellten Beispiele von dynamischen Signalisierungen haben unterschiedliche Veranlassungen. Deren Planung und Realisierung erfolgte in einer Bandbreite, die von individuellen pragmatischen Lösungen bis zum detaillierten systematischen Herangehen reicht. Es wird daher als zielführend angesehen, unter Beachtung des generellen Planungsansatzes nach Projektstufen bewährte und neue Methoden der Verkehrs-, Verkehrsinfrastruktur- und Verkehrsmanagementplanung sinnvoll zu verbinden.

Abgeleitet aus den im Abschnitt 5.2.1 erläuterten generellen Inhalten der Projektstufen sollten in der Planungsstudie folgende Arbeitsschritte durchgeführt werden:

- Abgrenzung des Untersuchungsgebiets, Bestandsaufnahme des (Hauptverkehrs-) Strassennetzes
- Identifikation des Bedarfs
- Erarbeiten der Aufgabenstellung
- Lösungsentwicklung (Massnahmenuntersuchung)
- Zweckmässigkeitsbeurteilung, Variantenvergleich und Auswahl der Vorzugsvariante

Die Bearbeitung dieser Aufgaben in der Planungsstudie wird im Folgenden als Projektentwicklung bezeichnet und im Abschnitt 5.3 ausführlich beschrieben.

Für das Vorprojekt ergeben sich folgende Arbeitsschritte:

- Entwerfen der verkehrs- und systemtechnische Lösung
- Erstellung des Betriebskonzepts
- Kosten/Nutzen - Analyse
- Festlegen der weiter zu verfolgenden Variante
- Festlegen flankierender Massnahmen

Das definitive Projekt beinhaltet die spezifische Lösung. Dafür können im Rahmen der Forschungsarbeit keine allgemeinen Arbeitsschritte bestimmt werden. Vielmehr ergeben sich diese aus der Fortführung des Vorprojekts.

Die Abbildung 5.3 zeigt die Projektstufen und die zugehörigen Arbeitsschritte im Zusammenhang. Sie ist Grundlage für die Gliederung der folgenden Kapitel und Abschnitte. Es wird differenziert zwischen den für alle Einsatzarten gleich zutreffenden Arbeitsschritten und den spezifischen für die einzelnen Einsatzarten (siehe Spalten mit den Spaltenüberschriften). Die Nummerierung der Arbeitsschritte entspricht dem Abschnitt im Bericht, in dem dieser behandelt wird.

5.3 Projektentwicklung

5.3.1 Abgrenzung des Untersuchungsgebiets, Bestandsaufnahme des Strassennetzes

Eine Grundlage für nahezu alle verkehrlichen Planungen bildet die Abgrenzung des Untersuchungsgebietes [27]. Diese erfolgt in der Regel zuerst nach der administrativen Gebietseinteilung (z. B. Stadt, Kanton) und wird verkehrsträgerbezogen vertieft. Das kann z. B. eine Auflistung der Hauptverkehrsstrassen im Untersuchungsgebiet mit Angabe der jeweiligen Übergangspunkte zu benachbarten Gebieten sein.

Die Bestandsaufnahme des (Hauptverkehrs-)Strassennetzes beinhaltet die detaillierte Erfassung der Strassenquerschnitte, der Anzahl und Art von Verkehrsstreifen, der Knoten, der Signalisation und Wegweisung. Im Hinblick auf mögliche intermodale Lösungen bei der dynamischen Signalisierung ist das Netz der öffentlichen Verkehrsmittel, insbesondere der strassengebundenen, mit zu erfassen. Dazu gehören auch wesentliche Umsteigepunkte, z. B. Bahnhöfe, Tram- und Bushaltestellen.

Abb. 5.3 Planungsschritte für die Einsatzarten der dynamischen Signalisierung

	Nr. im Text	Dynamische Signalisierung - alle Einsatzarten -	Nr. im Text	Streckenbezogene Signalisierung	Nr. im Text	Zielführung	Nr. im Text	Informationsanzeigen
Planungsstudie	5.3.1	Abgrenzung des Untersuchungsgebiets, Bestandsaufnahme des Strassennetzes						
	5.3.2.	Problemanalyse und Erarbeitung der Aufgabenstellung						
	5.3.3.	Lösungsentwicklung						
			6.2.1	Funktionale Auswahl und Zuordnung	7.2.1	Verkehrsplanerische Grundlagen	8.2.1	Ergänzende Informationsanzeigen
			6.2.2	Einsatzbeurteilung	7.2.2	Beurteilung der Routenverfügbarkeit	8.2.2	Eigenständige Informationsanzeigen
			6.2.3	Standortfestlegung	7.2.3	Ereignisbeurteilung		
					7.2.4	Standortfestlegung (Netz		
	5.3.4	Zweckmässigkeitsbeurteilung			7.2.5	Wirkungsabschätzung		
Vorprojekt	5.4	Verkehrs- und systemtechnische Lösung erarbeiten	6.3	Technische und betriebliche Umsetzung	7.3	Technische und betriebliche Umsetzung	8.3	Technische und betriebliche Umsetzung
	5.5	Betriebskonzept erstellen						
	5.6	Kosten- Nutzen- Analyse						
	5.7	Flankierende Massnahmen festlegen						
Definitives Projekt								

5.3.2 Problemanalyse und Erarbeitung der Aufgabenstellung

Am Anfang von Überlegungen, Signale dynamisch zu gestalten, steht die Analyse bestehender oder erwarteter Probleme auf Hauptverkehrsstrassen. Das sind u. a.:

- Für die Erhöhung der Verkehrssicherheit sind zusätzliche situationsabhängige Massnahmen zu ergreifen, z. B. an unfallträchtigen Strassenabschnitten
- die Umweltbelastungen im Strassennetz verlangen zusätzliche verkehrstechnische Massnahmen, z. B. temporäre Fahrverbote für bestimmte Verkehrsarten entsprechend der Feinstaubbelastung
- die Bewältigung des realen Verkehrsablaufs erfordert zeit- oder situationsabhängig zusätzliche Massnahmen zur punkt-, strecken- oder netzbezogenen Beeinflussung des fliessenden und/ oder ruhenden Verkehrs
- die Bewältigung eines erwarteten höheren Verkehrsaufkommens infolge neuer Verkehrserzeuger erfordert neben baulichen auch Massnahmen zur temporären Beeinflussung des fliessenden und/ oder ruhenden Verkehrs
- im Rahmen des geplanten oder anzustrebenden integrierten Verkehrsmanagements für eine Agglomeration soll die Verkehrsbeeinflussung auf HVS als Bindeglied zwischen innerörtlicher Verkehrssteuerung und der Verkehrslenkung auf HLS fungieren.

Die vorhandenen oder erwarteten Probleme sind nach Ursache, Erscheinungsform, räumlichem und zeitlichem Auftreten zu beschreiben. Dazu können Datenanalysen, z. B. Unfallauswertungen oder Verkehrserhebungen, Verkehrsbeobachtungen und Hinweise von Verkehrsteilnehmenden verwendet werden.

Es kann es sein, dass aus der planerischen und betrieblichen Erfahrung heraus oder aus Kenntnis von vergleichbaren Situationen andernorts die dynamische Signalisierung sofort als geeignetes Mittel zur Lösung des Problems erscheint. In solchen, meist einfachen Fällen kann die Projektstufe Planungsstudie an dieser Stelle beendet werden.

Häufig erfordern die Probleme jedoch, eine umfänglichere Palette an Lösungsoptionen zu prüfen. Die dynamische Signalisierung ist davon eine mögliche.

Aus der Problemanalyse wird die Aufgabenstellung abgeleitet. Neben der klaren Formulierung des zu lösenden Problems sind auch die Zielsetzungen und die Rahmenbedingungen für die Lösung mit anzugeben.

Der Umfang der Aufgabenstellung wird unterschiedlich ausfallen, je nachdem welches Problem zu lösen ist. Die dynamische Signalisierung einer Gefahrenstelle, z. B. die Windwarnung vor Brücken, ist kürzer zu beschreiben als eine Umleitungswegweisung.

5.3.3 Lösungsentwicklung

Die Aufgabenstellung bildet die Grundlage für die Lösungsentwicklung. Das Ziel besteht darin, vor allem solche Massnahmen zu ergreifen, die das Problem dauerhaft und nachhaltig lösen. Aus diesem Grund sind sowohl bauliche Massnahmen als auch Massnahmen des Verkehrsmanagements zu prüfen.

Dass zur Lösungsentwicklung auch die Prüfung baulicher Massnahmen gehört, liegt vor allem an der teilweise zu hohen Erwartungshaltung, was Verkehrsmanagement allein tatsächlich leisten kann. Im Rahmen des Forschungsprojekts kann auf diesen Sachverhalt nur verwiesen werden. Es bleibt unbestritten, dass eine der Verkehrsnachfrage angemessene Infrastruktur zur Verfügung stehen muss, wenn die Wirkung von Verkehrsmanagementmassnahmen nicht nur marginal sein soll.

Im Rahmen dieses Forschungsprojekts wird nach Massnahmen des strategischen (planenden) und des operativen (betrieblichen) Verkehrsmanagements unterschieden. [16]

Das strategische Verkehrsmanagement ist auf einen mittel- bis langfristigen Zeithorizont ausgerichtet. Es werden verkehrsorganisatorische und verkehrstechnische

Massnahmen geplant und umgesetzt, die einen möglichst stabilen und umweltfreundlichen Verkehrsablauf gewährleisten sollen. Dazu gehört auch der so genannte Regelbetrieb von Verkehrsbeeinflussungsanlagen, z. B. die Signalprogramme von Lichtsignalanlagen bzw. die Grundbetriebszustände von Wechselsignalen.

Das operative Verkehrsmanagement ist auf die kurzfristige Auswahl und Umsetzung von Massnahmen der Verkehrsbeeinflussung und Verkehrsinformation ausgerichtet. Es basiert in der Regel auf dem Monitoring des Regelbetriebs und der Feststellung, wenn es Abweichungen hiervon gibt.

Für die konkrete Analyse, ob die erwogene Einsatzart der dynamischen Signalisierung eine geeignete Lösungsmöglichkeit ist, sind die weitere Arbeitsschritte gemäss Abb. 5.3 auszuführen. Sie werden in den Kapiteln 6 bis 8 behandelt.

5.3.4 Zweckmässigkeitsbeurteilung

Der im Abschnitt 5.2.2 genannte Inhalt einer Zweckmässigkeitsbeurteilung wird jetzt auf die Belange der dynamischen Signalisierungen hin konkretisiert. Es geht vor allem darum, möglichst klare Aussagen darüber zu erhalten, ob die Lösungsoption dynamische Signalisierung tatsächlich weiterverfolgt und zur Projektreife gebracht werden sollte.

Erfahrungsgemäss lassen sich zum Zeitpunkt der Planungsstudie noch keine genauen Nutzen und Kosten berechnen. An ihre Stelle treten überschlägliche Schätzungen auf Basis von Vergleichsdaten oder Trendaussagen (nimmt zu, bleibt gleich, geht zurück o. ä.).

Für die Zweckmässigkeitsbeurteilung von dynamischen Signalisierungen eignen sich als zu vergleichender Referenzfall die statische Signalisation und der Verkehrsfunk sowie die manuelle Montage/Demontage temporärer Signalisationen.

Bei der Planung dynamischer Signalisationen müssen Anforderungen der Verkehrsteilnehmenden, der Anlagenbetreiber sowie Dritter (z. B. Anwohner) berücksichtigt werden.

Diese Anforderungen sind teilweise recht unterschiedlicher Natur. Deshalb ist eine Bewertung mit möglichst objektiv bestimmbareren Kriterien erforderlich. Dafür werden die Kriterien Verkehrssicherheit, Verkehrsablauf, Umweltschutz sowie Wirtschaftlichkeit verwendet. Das entspricht den Zielen, die gemäss ASTRA- Richtlinien für das Verkehrsmanagement Schweiz (VM CH) verfolgt werden.

Das erste Kriterium Verkehrssicherheit ist für nahezu alle dynamischen Signalisierungen relevant. Unmittelbar wirken hier Vorschriftssignale, die verkehrslageabhängig geschaltet werden können (z. B. Geschwindigkeitssignale). Als mittelbar verkehrssicherheitsfördernd sind dynamische Signale anzusehen, die helfen, den Verkehrsfluss zu verstetigen.

Das zweite Kriterium Verkehrsablauf ist auf möglichst optimale Zeit- Weg- Bedingungen für die Verkehrsteilnehmenden (Nutzeroptimum) und eine gleichmässige Netzauslastung (Systemoptimum) ausgerichtet. Ebenso ist der Langsamverkehr zu berücksichtigen.

Hierbei spielt für HVS und weitere kommunale Strassen auch das Kriterium Umweltschutz eine wesentliche Rolle. Durch dynamische Signalisierungen des MIV sollen z. B. keine ungewollten Verkehrsverlagerungen in Wohngebiete entstehen.

Für die verantwortlichen Behörden (Werkseigentümer) ist das Verhältnis von Aufwand und Nutzen dynamischer Signalisierungen entscheidungsrelevant. Daher wird das Kriterium Wirtschaftlichkeit untersucht. Investitions-, Betriebs- und Unterhaltskosten auf der einen und reduzierbare Unfall-(folge)- und Kraftstoffkosten einschliesslich geringerer Emissionen sowie Reisezeiteinsparungen auf der anderen Seite sind abzuwägen. Auch für die Verkehrsteilnehmenden können sich positive wirtschaftliche Effekte einstellen.

Die genannten Kriterien werden in der Abbildung 5.4 mit folgenden Unterkriterien versehen:

für die Verkehrssicherheit	Gefahrwarnung, Anpassung Fahrverhalten, Kontrolle Fahrverhalten
für den Verkehrsablauf	Situationsgerechte Signalisierung, Stabilisierung Verkehrsfluss, Optimierung Netzauslastung
für die Wirtschaftlichkeit	Zeitkostenoptimierung, Fahrzeugbetriebskostenoptimierung, Senkung Unfallkosten, Reduzierung Anlagebetriebskosten
für den Umweltschutz	Reduzierung Emissionen, Reduzierung Energieverbrauch

Mit einem Kästchen im entsprechenden Feld wird nun angegeben, welche Unterkriterien für die jeweilige Einsatzart der dynamischen Signalisierung zutreffend sind (■).

Die Zweckmässigkeitsbeurteilung erfolgt qualitativ und umfasst folgende Schritte:

- Aus der Aufgabenstellung (siehe 5.3.3) werden die zu erfüllenden Kriterien und Unterkriterien abgeleitet. Anhand von Abbildung 5.4 lässt sich feststellen, ob sie durch eine Einsatzart der dynamischen Signalisierung erfüllt werden könnten.
- Vergleichend wird für den Referenzzustand beurteilt, wieweit er den Kriterien/ Unterkriterien entspricht.

Die Ergebnisse der qualitativen Beurteilung sind die Basis für den anschliessenden Variantenvergleich. Dieser umfasst den Referenzzustand und ein oder mehrere mögliche Varianten der dynamischen Signalisierung.

Mitunter kann es erforderlich sein, für die favorisierte Lösung der dynamischen Signalisierung verschiedene Ausbaustufen und Ausrüstungsumfänge (Varianten) abzuwägen. Das stellt ein stufenweises Vorgehen dar.

Das stufenweise Vorgehen bietet finanzielle Vorteile durch geringere jährliche Budgetbelastungen. Es gibt auch die Chance, betriebliche Erfahrungen auszuwerten und bei der weiteren Umsetzung zu nutzen.

Nachteilig kann sein, dass die angestrebte massgebliche Gesamtwirkung erst später erreicht wird. Bei sehr langen Realisierungsfristen ist zu klären, wie mit technischen Weiterentwicklungen bei den Ausrüstungen umgegangen wird.

Im Ergebnis des Variantenvergleichs wird die weiter zu verfolgende Bestvariante ausgewählt. Dabei ist auch zu entscheiden, ob weitere Massnahmen erforderlich sind.

Abb. 5.4 Kriterien für Zweckmässigkeitsbeurteilung

		Bewertungskriterien und Unterkriterien													
		Verkehrssicherheit				Verkehrsablauf			Wirtschaftlichkeit				Umweltschutz		
Einsatzart		Gefahrwarnung	Anpassung Fahrverhalten	Kontrolle Fahrverhalten		Situationsgerechte Signalisierung	Stabilisierung Verkehrsfluss	Optimierung Netzauslastung	Zeitkostenoptimierung	Fahrzeugbetriebskostenoptimierung	Senkung Unfallkosten	Reduzierung Anlagenbetriebskosten		Reduzierung Emissionen	Reduzierung Energieverbrauch
			Verkehrsteilnehmende	■	■	■		■	■		■	■	■		
	Betreiber					■	■	■			■	■		■	■
	Dritte										■			■	
Gefahren-, Vorschrift-, Hinweissignale		■	■			■	■	■			■			■	
Anzeige gefahrener Geschwindigkeiten			■	■							■				
Wechselwegweisung						■		■	■	■				■	■
Alternativroutenführung						■	■	■	■	■				■	■
Dynamische Parkleitsysteme						■		■	■	■				■	■
Informationsanzeigen		■	■			■	■	■	■	■				■	

5.4 Verkehrs- und systemtechnische Lösung entwerfen

5.4.1 Grundlagen

Nach der Zweckmässigkeitsbeurteilung kann im Vorprojekt für die Vorzugsvariante eine detaillierte verkehrs- und systemtechnische Lösung entworfen werden. Generell umfasst dies folgende Arbeitsschritte:

- Bestimmung des notwendigen Ausrüstungsumfangs auf Feld- und Steuer-, Prozessleit- und Betriebsleitebenen
- Analyse vorhandener elektromechanischer Ausrüstungen und Schnittstellen
- Steuerungsmodell(e) entwickeln

Bevor diese Arbeitsschritte erläutert werden können, ist auf die Bedeutung der Systemarchitekturen für Telematikausrüstungen hinzuweisen. Sowohl in deren Struktur als auch bei den Begriffen bestehen Unterschiede zwischen der inner- und ausserörtlichen Verkehrsbeeinflussung- und/-information und zwischen Anwendungen für den fließenden und den ruhenden Verkehr.

In den letzten Jahren sind für die Nationalstrassen umfangreiche Arbeiten zur Systematisierung geleistet worden. Diese finden sich in mehreren ASTRA- Dokumenten wieder. Dazu gehören vor allem das „Fachhandbuch für Betriebs- und Sicherheitsausrüstungen (BSA)“ [67] und die Richtlinie „Verkehrsmanagement in der Schweiz (VM-CH), Verkehrstechnische Vorgaben“ [64].

Bereits früher wurden durch einige kantonale Verwaltungen verschiedene „Allgemeine technische Spezifikationen (ATS)“ erarbeitet und in Kraft gesetzt, die zum Teil auch für dynamische Signalisierungen verbindlich sind.

Für die innerörtliche Verkehrsbeeinflussung liegen vergleichsweise wenige Veröffentlichungen vor, die Systemarchitekturen thematisieren. Zu nennen ist die SN 671 955 „Dynamische Parkleitsysteme, Grundnorm“ [60].

Die im Rahmen dieser Forschungsarbeit durchgeführten Beispieluntersuchungen für dynamische Signalisierungen zeigen eine Vielfalt an verkehrs- und systemtechnischen Lösungen. Diese Heterogenität begründet sich zuerst daraus, dass stets örtliche Bedingungen zu berücksichtigen sind. Weitere Ursachen sind fehlende nationale Richtlinien für Betriebs- und Sicherheitsausrüstungen bzw. Telematikausrüstungen auf kantonalen und kommunalen Strassen. Ebenso unterschiedlich sind die Kenntnisse und Erfahrungen der Planer. Nicht zuletzt führt das Bestreben, Politik und Bevölkerung mit besonderen regionalen Innovationen zu überzeugen, dazu „das Rad (immer wieder) neu zu erfinden“.

Unbeschadet der genannten Ursachen für wenig Einheitlichkeit in den Systemlösungen ist es aus Sicht der Nutzer und Betreiber objektiv von Vorteil, eine Angleichung bei künftigen Projekten zu erreichen. Neben der wirtschaftlichen Rationalität sind es vor allem die Belange der Verkehrssicherheit, die dafür sprechen, dynamische Signalisierungen homogener zu gestalten.

Aus diesem Grund wird es als zweckmässig angesehen, die für HLS bereits erarbeiteten Grundlagen für HVS zu adaptieren bzw. begründet zu modifizieren.

Hierzu wird eine nach Ebenen und Funktionen gegliederte Struktur entsprechend des Fachhandbuchs BSA, Technisches Merkblatt 23 001-11600 Bauteile, Kommunikation & Leittechnik, zu Grunde gelegt (Abbildung 5.5), [68].

Der Begriff Leittechnik kann im engeren Sinne auf Ausrüstungen für das Leiten des Verkehrs bezogen werden. Im umfassenderen Sinne umfasst er auch weitere Funktionen der Verkehrsbeeinflussung wie das Lenken mit den dafür erforderlichen Ausrüstungen.

Abbildung 5.6 zeigt die Ebenen der Leittechnik-Systemarchitektur mit ihren zugehörigen Funktionen und teilweise alternativ verwendeten Begriffen.

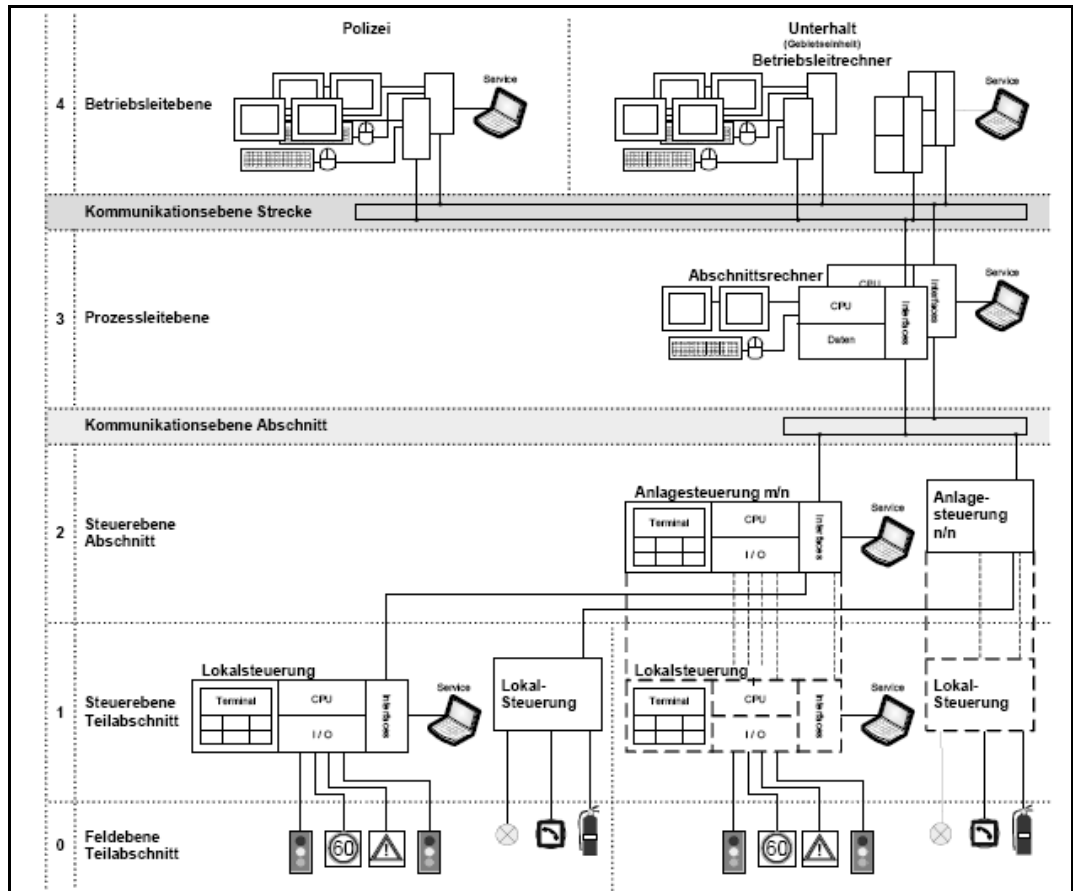


Abb. 5.5 Gliederung Ebenen Leittechnik (nach Fachhandbuch BSA)

Abb. 5.6 Ebenen und Funktionen der Verkehrsbeeinflussung

Leittechnik-Ebene	Funktionen	Andere Bezeichnungen
Betriebsleitebene	Verkehrslageerfassung, Ereignisfeststellung, Massnahmenauswahl, Systemabgleich, Massnahmenumsetzung	Verkehrsmanagementebene Übergeordnete Leitebene Übergeordnetes Leitsystem
Prozessleitebene	Datenabgleich, Makrosteuerung, Überwachung Feld- und Steuerebene	Abschnittsebene, Logikebene
Steuerebene	Datenaufbereitung, Lokal- und Abschnittssteuerung	Einzel- und Gruppenleitebene, Ebene der Sicherheitstechnik
Feldebene	(Verkehrs-)Datenerfassung, Signalisierung, manuelle Bedienung	Ebene der Sensoren und Aktoren

Sollen Ausrüstungen für die dynamische Signalisierung mit solchen der Lichtsignalsteuerung verknüpft werden, so wird in aller Regel eine Prozessleitebene erforderlich sein. Dabei übernimmt meist die Verkehrsrechnerzentrale Steuerungs- und Überwachungsaufgaben für Wechselsignale, Wechselwegweiser etc.

Die in Abbildung 5.6 dargestellten vier Ebenen werden bei der Lichtsignalsteuerung meist zu drei Ebenen zusammengefasst. Feld- und Steuerebene bilden bei der Einzelknotenpunktsteuerung eine Einheit. Bei der gemeinsamen Steuerung mehrerer LSA in einem

Abschnitt ohne übergeordneten Gebiets- bzw. Verkehrsrechner übernimmt meist ein Steuergerät die Koordinierungsfunktion. Eher selten ist der Einsatz eines Steuergeräts ohne angeschlossene Sensorik und Aktorik als Koordinator und damit quasi als Steuer-ebene.

5.4.2 Funktionale Bestimmung des notwendigen Ausrüstungsumfangs

Die Abbildung 5.7 zeigt im Überblick, wie die Ebenen und Funktionen aus Abbildung 5.6 den Einsatzarten der dynamischen Signalisierung zugeordnet werden können.

Abb. 5.7 Zuordnung der funktionalen Ebenen zu den Einsatzarten

Einsatzart		Streckenbezogene Signalisierung	Zielführung			Informationsanzeigen
			Umleitungswegweisung	Alternativroutenführung	Parkleitsysteme	
Ebene	Funktionen					
Betriebsleitebene	Datenfusion und Verkehrslageerfassung, Monitoring Verkehrsablauf	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Ereignisfeststellung	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>
	Massnahmenauswahl		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>
	Systemabgleich		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>
	Massnahmenumsetzung		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>
Prozessleitebene	Datenaufbereitung	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	Datenabgleich	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	Makrosteuerung	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Überwachung Feld- und Steuerebene	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Steuerebene	Datenaufbereitung	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Mikrosteuerung	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>	
Feldebene	(Verkehrs-) Datenerfassung	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Signalisierung	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Legende: <input checked="" type="checkbox"/> trifft zu <input type="checkbox"/> trifft teilweise zu						

Grundsätzlich werden auf der Feldebene die Sensorik und Aktorik angeordnet. Oftmals stehen diese in direkter örtlicher Verbindung zur lokalen Steuerung, insbesondere dort, wo nur einzelne Wechselsignale oder Wechseltextanzeigen vorhanden sind. Bei abschnittswisen Signalisierungen kann sich die Steuerebene an einem der Standorte befinden oder separat installiert sein [68].

Bereits in Planungsstudie ist zu entscheiden, ob die technische Ansteuerung der Aktoren, d.h. der Wechsel der Betriebszustände über die Datenerfassung und Datenverarbeitung aus der lokalen bzw. abschnittswisen Sensorik möglich ist oder über die Prozessleitebene erfolgen soll (muss).

Örtliche Gefahrenwarnungen bei kritischen Witterungsbedingungen und Strassenzuständen (Nebel, Glätte) oder abschnittswise Geschwindigkeitslimiten in Abhängigkeit von der Verkehrsbelastung lassen sich in der Regel lokal bzw. im betreffenden Abschnitt realisieren. Der übergeordneten Prozessleitebene kann eine Überwachungsfunktion zugeordnet werden.

Umleitungswegweisungen und Alternativroutenführungen bedürfen einer Prozessleitebene. Sie stellt sicher, dass die Signalisierung der Abschnitte bzw. Netzmaschen strategiekonform erfolgt und die Kommunikation mit anderen Teilsystemen, z. B. der Lichtsignalsteuerung, gewährleistet ist. Das ist z. B. für das VLS Bern Wankdorf vorgesehen.

Es muss geklärt werden, wie bei Ausfall der Verbindung zur übergeordneten Ebene gehandelt werden soll. In der Regel soll die Steuerebene in der Lage sein, bei fehlender Verbindung zur Prozessleitebene autark zu wirken. Hierbei kann es Unterschiede zwischen der Verkehrsleitung und der Verkehrslenkung geben. Bei Zielführungen wirkt sich ein Ausfall der Prozessleitebene stark hemmend auf den Betriebsablauf aus und hat oft manuelle Interventionen seitens der Polizei zur Folge.

Die Einbindung dynamischer Signalisierungen auf HVS in städtische oder regionale Betriebsleitzentralen tritt insbesondere bei komplexen Verkehrsbeeinflussungs- bzw. -informationssystemen auf. Diese sind typisch für grosse Agglomerationen oder Teilgebiete. Dabei spielt die Abstimmung der Verkehrsleitungs- und/-lenkung auf HVS mit der auf HLS und mit dem Betriebsleitsystem des ÖV eine massgebliche Rolle. Dabei setzen sich zunehmend Begriffe wie Regionale (Verkehrsleit-)Zentrale oder Verkehrsmanagementzentrale durch. Ein Beispiel hierfür ist die Regionale Leitzentrale Verkehrsraum Zürich (RL_VRZ).

Ein wichtiger Aspekt ist die Datenverfügbarkeit bzw. die zuverlässige Generierung von Verkehrsdaten und betrieblichen Informationen sowie deren Weiterleitung an dynamische Signalisationssysteme. Bei regelmässig auftretenden lokalen Ereignissen (z. B. Verkehrsüberlastungen) ist es vorteilhaft, eine systemeigene Verkehrsdatenerfassung auf relevanten Streckenabschnitten (Stamm- und Alternativrouten) vorzusehen.

Schliesslich spielen auch die Sicherstellung der Energieversorgung und die erforderlichen (tief-)bautechnischen Voraussetzungen für die Ausrüstungen der dynamischen Signalisierung eine wesentliche Rolle bei der Systemplanung.

Die bisherigen Ausführungen beziehen sich vor allem auf stationäre strassenseitige Ausrüstungen. Ein partieller Lösungsansatz für Ereignisse, die entweder einmalig sind (grössere Baustellen) oder selten auftreten (Events), sind mobile dynamische Signale. Deren Funktionen lassen sich überwiegend auf der Feld- und Steuerebene realisieren.

Für künftig zu planende Systemkonfigurationen ist es sinnvoll zu prüfen, ob mit den strassenseitigen Ausrüstungen (Sensorik, Aktorik) mehr als eine Einsatzart der dynamischen Signalisierung realisiert werden kann. Erste praktische Erfahrungen haben gezeigt, dass z. B. Umleitungswegweisungen bzw. Alternativroutenführungen zweckmässig mit Parkleitsystemen verknüpft werden sollten.

5.4.3 Analyse vorhandener elektromechanischer Ausrüstungen und Schnittstellen

Soll die dynamische Signalisierung direkt oder mittelbar mit anderen Systemen zur Verkehrsbeeinflussungs- und/-information zusammenwirken, so ist zu analysieren, welche Systeme bereits vorhanden oder ebenfalls in Planung befindlich sind. Es ist festzulegen, auf welcher Ebene/ welchen Ebenen das Zusammenwirken stattfinden soll und welche Schnittstellen erforderlich werden.

So erfolgt beispielsweise im Projekt *Infoviabilità* Lugano die Steuerung der Wechselwegweiser unter Zuhilfenahme der LSA- Steuergeräte (Feld-, Steuerebene) einschliesslich der dort schon vorhandenen Datenverbindungen zur Verkehrsleitzentrale (Prozessleitebene). Hingegen ist für das Projekt Wankdorfplatz in Bern eine Verknüpfung des örtlichen Verkehrsleitsystems mit dem Verkehrsleitsystem der Autobahn und der städtischen LSA- Steuerung auf der neu zu schaffenden Prozessleitebene vorgesehen.

5.4.4 Steuerungsmodell(e) entwickeln

Ausgehend von den in der Aufgabenstellung festgelegten Zielen (Erhöhung der Verkehrssicherheit, Verkehrseffizienz usw.) werden die verkehrstechnischen Funktionen für das System spezifiziert und daraus die Betriebszustände der Aktoren abgeleitet.

Darunter versteht man die Konfiguration der Signale bzw. Anzeigen in Verbindung mit den jeweiligen verkehrlich bedeutsamen Ereignissen oder Situationen. Im Allgemeinen werden ein Grundzustand und ein oder mehrere von diesem abweichende Betriebszustände definiert. Dynamische Signale können in Abhängigkeit von den funktionalen Anforderungen im Grundzustand entweder ausgeschaltet sein, z. B. Überholverbote für Schwerverkehr, oder eine Anzeige enthalten, z. B. die Wegweisung für die Stammroute.

Zum Arbeitsschritt Steuerungsmodelle entwickeln gehören auch Parameterfestlegungen und Ablaufdarstellungen für den Wechsel der Betriebszustände.

5.5 Erstellung des Betriebskonzepts

5.5.1 Grundlagen

Das Erstellen eines Betriebskonzepts ist nach [44] Bestandteil des Vorprojekts. Es basiert auf der in der Planungsstudie vorgeschlagenen Vorzugsvariante mit ihrer verkehrs- und systemtechnischen Lösung.

Bislang existiert in der Schweiz noch keine einheitliche Definition des Begriffs Betriebskonzept. Seit Anfang 2011 wird hierzu das Forschungsprojekt VSS 2010/102 „Grundlagen Betriebskonzepte“ bearbeitet (Forschungsstelle Ernst Basler und Partner AG Zürich).

Im Rahmen der hier zu beschreibenden Planung von dynamischen Signalisierungen geht es nicht um ein verkehrsplanerisch ausgerichtetes Betriebskonzept, welches „umschreibt, wie das Verkehrssystem unter Berücksichtigung aller Arten des Strassenverkehrs zu betreiben ist...“ [27].

Eher geeignet ist die Definition, wonach „ein Betriebskonzept der prozessorientierten Verknüpfung funktionaler Komponenten (dient), und die Fragen beantwortet, wer was in welcher Reihenfolge macht, welche Leistungen erbracht und welche Software-Systeme oder andere Hilfsmittel dabei eingesetzt werden“ [25].

Entsprechend dieser Definition sind im Betriebskonzept für dynamische Signalisierungen die Hard- und Softwarelösungen für die Prozess- und Betriebsleitebene darzustellen. Dabei geht es neben den systemtechnischen Beschreibungen vor allem um betrieblich-organisatorische Festlegungen. Diese können als Betriebsregime bezeichnet werden.

Das Betriebsregime beinhaltet Festlegungen, welche Betriebszustände der Aktoren zeit- und/ oder ereignisabhängig geschaltet werden. Zusätzliche Angaben, z. B. wer wann was veranlasst, protokolliert und andere Beteiligte darüber informiert, sind in einem organisatorischen Betriebskonzept zu regeln.

Dabei sollte zwischen der automatisierten, teilautomatisierten und manuellen Betriebsführung unterschieden werden. Es ist festzulegen, ob die Betriebsführung für jedes der integrierten Systeme separat oder für alle gemeinsam erfolgt.

So kann beispielsweise die dynamische Signalisierung in Leitzentralen der Lichtsignalsteuerung eingebunden werden. Das ist beim Zürcher Parkleitsystem und bei der Umleitungswegweisung im Luganer Projekt Infoviabilità der Fall.

Betriebskonzepte können auch in einfacherer Form erstellt und hinterlegt werden. Das wird vor allem dann der Fall sein, wenn die dynamische Signalisierung überwiegend nur die Feld- und Steuerebene betrifft. Das tritt bei verschiedenen Wechselsignalen auf (z. B. lokale Gefahrenwarnungen).

5.5.2 Betriebsorganisation

Die vorgängig beschriebene Erstellung eines Betriebskonzeptes beruht auf betriebsorganisatorischen Grundlagen. Diese sind im Zuge der Planung von dynamischen Signalisierungen zu analysieren und den neuen oder erweiterten Systemen anzupassen.

Dabei tritt meist eine Wechselwirkung zwischen den funktionalen technischen Ebenen und den betrieblich-organisatorischen Rahmenbedingungen auf. Diese Wechselwirkung resultiert zunächst aus der Tatsache, dass in der Regel schon Werkseigentümerschaften für die Planung, den Betrieb und Unterhalt von Systemen bestehen.

Je nachdem, wie sich der Auf- und Ausbau von strassenverkehrstechnischen Systemen in einem Gebiet historisch entwickelt hat, bestehen sehr unterschiedliche Formen der Verantwortlichkeit. In der Regel werden die Ausrüstungen auf der Feld- und Zentralenebene vom selben Werkseigentümer betreut. Das kann für ein System zutreffen, z. B. das Parkleitsystem, aber auch mehrere Systeme umfassen, z. B. die Lichtsignalanlagen, Wechselwegweisungen und Parkleitsysteme.

Die Zuständigkeiten für die Verkehrsmanagementebene hängen davon ab, in welcher Weise das städtische, regionale und überregionale Verkehrsmanagement aufgebaut werden.

Es ist festzustellen, dass sich in einigen Agglomerationen zwei Entwicklungen vollziehen, und zwar ein Top – down – Ansatz von den Nationalstrassen herkommend und ein Bottom – up – Ansatz im Zuge des Ausbaus von Telematiksystemen auf nachgeordneten Strassen einschliesslich Hauptverkehrsstrassen.

Ähnliche Entwicklungen sind auch in anderen Ländern, z. B. Deutschland und Österreich, aufgetreten. Sie wurden in verschiedenen Forschungsarbeiten untersucht und daraus so genannte Grundformen der Vernetzung abgeleitet [35]. Danach wird unterschieden in die

- die lokale Vernetzung als direkte Verbindung mehrerer Systeme,
- die polyzentrische Vernetzung ist eine Anbindung der Systeme an unterschiedliche Zentren die miteinander verbunden sind sowie
- die monozentrische Vernetzung als Verbindung mehrerer Systeme über eine gemeinsame Zentrale

Die lokale Vernetzung bezieht sich im Allgemeinen auf die Feld- und Steuerebene und eignet sich z. B. für das Zusammenwirken der Einsatzarten dynamische Signale und Informationsanzeigen oder Wegweisungen und Informationsanzeigen.

In gewisser Weise entspricht der Anschluss der Wechselwegweiser für Infoviabilità Lugano an die lokale LSA-Steuerung diesem Prinzip.

Die polyzentrische Vernetzung schafft die Voraussetzung, verschiedene Systeme mit unterschiedlichen Werkseigentümerschaften zu verknüpfen. Hierbei bleiben die jeweiligen Systemverantwortungen bestehen. Es ist zu erwarten, dass sich diese Form der Vernetzung insbesondere im regionalen Verkehrsmanagement weiter etablieren wird.

Beim VLS Bern Wankdorf wird eine solche Vernetzung zwischen der kantonalen Leitzentrale, der Autobahnleitzentrale und der LSA-Zentrale der Stadt Bern aufgebaut. Auch bei der Wechselwegweisung für den Transitverkehr durch die Stadt Schaffhausen handelt es sich um diese Vernetzungsform. Hier arbeitet die HLS-Tunnelleitzentrale mit der städtischen LSA-Verkehrsleitzentrale zusammen.

Mit der monozentrischen Vernetzung können vorhandene betrieblich-organisatorische Potenziale für mehr als ein System genutzt werden. Ein Beispiel hierfür ist die städtische Leitzentrale Zürich. Sie betreibt die Lichtsignalanlagensteuerung, das Parkleitsystem und die Verkehrsinformationsdisplays.

Die Etablierung einer Betriebsleit-(Verkehrsmanagement-)ebene muss nicht zwangsläufig mit der Einrichtung eines übergeordneten Hard- und Softwaresystems verbunden sein. Die Erfüllung der übergeordneten betrieblich- organisatorischen Anforderungen kann auch eine bestehende Leitzentrale (Prozessleitebene) übernehmen. Hierfür müssen dann allerdings die administrativen und operativen Rahmenbedingungen geschaffen werden.

5.6 Kosten/Nutzen - Analyse

Auf Grundlage der verkehrs- und systemtechnischen Lösung sowie des Betriebskonzepts kann eine Kosten/Nutzen - Analyse durchgeführt werden. Dazu verwendet man ausrüstungsbezogene Kostenschätzungen, Personalkosten sowie Werte für die in der Zweckmässigkeitsbeurteilung verwendeten Kriterien und Unterkriterien.

Entsprechend [52] wird nach betriebswirtschaftlicher und der volkswirtschaftlicher Kosten/Nutzen - Analyse unterschieden. Bei der betriebswirtschaftlichen Analyse werden nur die Kosten und Nutzen berücksichtigt, die für den Betreiber der Infrastruktur relevant sind. Die volkswirtschaftliche Analyse ist eine Bewertung aller relevanten (positiven und negativen) Auswirkungen eines Projekts, u. zw. der monetarisierbaren Auswirkungen.

Im Rahmen des Forschungsprojekts erfolgt dazu keine detaillierte Beschreibung, sondern es werden wesentliche Aspekte herausgearbeitet, die im Planungsprozess von dynamischen Signalisierungen eine Rolle spielen. Grundlage hierfür sind Planungs- und Realisierungserfahrungen aus verschiedenen Projekten.

- Die volkswirtschaftliche und die betriebswirtschaftliche Kosten/Nutzen - Analyse wirken vor allem bei der Bewertung von Unfallfolgen eng zusammen.

Für die Beurteilung der Zweckmässigkeit von dynamischen Signalisierungen aus dem Blickwinkel der Verkehrssicherheit spielen volkswirtschaftliche Indikatoren im Allgemeinen die wesentliche Rolle. Hierzu zählen die Kosten für Personen- und für Sachschäden an Fahrzeugen. Diese sollen durch weniger Unfälle infolge von situationsbezogenen wirkungsvollen Wechselsignalen und Informationsanzeigen sinken.

Betriebswirtschaftliche Kosten entstehen bei Sachbeschädigungen an Strasseninfrastruktur und für zusätzliche verkehrsorganisatorische Massnahmen bei Unfällen. Personenbezogene Unfallkosten beim Personal des Betreibers treten auf, wenn diese ursächlich im Zusammenhang mit deren Tätigkeit stehen, z. B. verunfallte Posten bei der Verkehrslenkung an Grossveranstaltungen.

- Für die betriebswirtschaftliche Analyse sollte nach Investitionskosten, Betriebskosten und Unterhaltskosten differenziert werden.

Die Investitionskosten beziehen sich auf die Gesamtheit der Ausrüstungen für das jeweilige zu realisierende Signalisierungssystem. Sie lassen sich nach dessen technischer Struktur gliedern.

Die Kosten/Nutzen - Analyse soll auch die Variantenauswahl unterstützen. Deshalb ist es zweckmässig, die Investitionskosten für dynamische Signalisierungen mit denen für statische Signalisierungen zu vergleichen und ggf. die Kostendifferenz anzugeben. Das ist insbesondere dort sinnvoll, wo vorhandene statische Signale, die auch einmal erneuert werden müssten, durch dynamische Signale abgelöst werden sollen.

Werden dynamische Signalisierungen als Bestandteil umfänglicherer Verkehrsmanagementsysteme geplant, so lassen sich die jeweiligen Kostenanteile nicht immer getrennt ausweisen. Für das Equipment auf der Feld- und Steuer- sowie Prozessleitebene sind die Investitionskosten meist direkt ermittelbar. Auf der Betriebsleitebene werden oft mehrere Funktionen in gemeinsame Hard- und Softwarelösungen integriert. Hier sind projektbezogene Kostenaufteilungen vorzunehmen.

Dynamische Signalisierungen als verkehrstelematischen Strassenausrüstungen weisen im Allgemeinen eine kürzere normative Nutzungsdauer auf als die Strassen selbst und die Ingenieurbauwerke. Daraus ergeben sich kürzere Abschreibungsfristen.

Bei den Betriebskosten stehen die Personal- und Energiekosten an vorderer Stelle. Bei dynamischen Signalisierungen sind die Personalkosten für manuelle Tätigkeiten zur temporären Signalisierung beim Referenzfall mit zu betrachten.

Weiter zu berücksichtigen sind der anteilige Personaleinsatz in Leit-/ Verkehrsmanagementzentralen, wenn die Steuerung und Überwachung von dynamischen Signalen in derartige Systeme eingebunden wird.

Als Unterhaltskosten sind Kosten für planmässige Wartungsarbeiten einschliesslich präventiven Austauschs von Verschleisssteilen sowie Inspektions- und Instandsetzungskosten anzusetzen.

- Die Nutzenermittlung für dynamische Signalisierungen wird in der Regel auf den Referenzfall, d.h. die nicht dynamische oder nicht vorhandene Signalisierung bezogen. Sind andere, z. B. bauliche Massnahmen zur Erfüllung der Aufgabenstellung optional möglich, so ist deren Nutzen mit dem der dynamischen Signalisierung zu vergleichen. Dabei ergibt sich der Nutzen oft aus der positiven Umkehr von Kostenbelastungen zu Kosteneinsparungen bzw. zu Beschränkungen von Kostenanstiegen.
- Die wesentlichen Kenngrössen zur Nutzenermittlung sind Reisezeiten, Fahrzeugbetriebskosten und Unfallkosten. Darüber hinaus haben umweltbezogene Indikatoren eine grosse Bedeutung. Ihre Quantifizierung ist nicht immer monetarisierbar, sondern lässt sich durch spezifische Werte abbilden.

Reisezeiteinsparungen können durch den Abbau staubedingter Geschwindigkeitsreduzierungen erzielt werden. Durch streckenbezogene Signalisierungen werden der Verkehrsfluss harmonisiert und Verkehrszusammenbrüche vermieden bzw. hinausgezögert. Bei der Alternativroutenführung ergeben sich Reisezeiteinsparungen durch eine gleichmässigeren Netzauslastung in Verbindung mit einem höheren Durchschnittsgeschwindigkeitsniveau. Dabei sind jedoch mögliche Reisezeiterhöhungen infolge längerer Fahrtstrecken zu berücksichtigen.

Für Umleitungswegweisungen, z. B. bei Tunnelsperrungen, ergeben sich im Allgemeinen keine Reisezeiteinsparungen. Es kann jedoch sein, dass die Befahrung der Umleitungsstrecke durch dynamische Signale flüssiger erfolgt als durch statische oder gar keine Signalisierung dieser Route.

Fahrzeugbetriebskostenreduzierungen, die im Zusammenhang mit dynamischen Signalisierungen betrachtet werden, betreffen vor allem die Kraftstoffkosten. Die Verstetigung des Verkehrsflusses oder die Vermeidung von Zielsuchverkehr tragen zur Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs bei.

Durch die dynamische Signalisierung von Gefahrstellen und Gefahrenhinweise soll eine Reduzierung von Unfällen und infolge der Vermeidung von Personen- und Sachschäden auch eine Unfallkostensenkung erreicht werden. Diese ergibt sich in der Regel aus einem prognostizierten und später zu evaluierenden Rückgang von Unfällen im betreffenden Abschnitt. Dafür ist ein Vorher – Nachher – Vergleich der Situation ohne und mit dynamischer Signalisierung durchzuführen.

- Neben diesen quantifizierbaren Kenngrössen stellt die Erhöhung des Reisekomforts für die Verkehrsteilnehmenden einen qualitativen Nutzen dar.

Die örtlich und zeitlich genaue Information über den Verkehrsablauf und ihn beeinflussende Rahmenbedingungen (z. B. Strassenzustand, Auswirkungen von Grossveranstaltungen) ist vor allem ein Merkmal des Mobilitätsmanagements. Ein derartiger qualitativer Nutzen sollte jedoch im begründeten Verhältnis zum monetarisierbaren Nutzen stehen.

5.7 Festlegen Flankierender Massnahmen

Für die Erfüllung der mit der Aufgabenstellung festgelegten Zielsetzungen bedarf es oftmals neben bzw. in Ergänzung der dynamischen Signalisierung weiterer Massnahmen. Dazu gehören u. a.:

- die Prüfung und Anpassung der statischen Signalisierung im Zusammenhang mit der Alternativroutenführung;
- bauliche und verkehrsorganisatorische Massnahmen für den Langsamverkehr, z. B. zusätzliche Fussgängerstreifen;
- Komplettierung von P&R- Anlagen mit statischen Hinweissignalen zu ÖV- Haltestellen;
- Information von Verkehrsteilnehmenden und Dritten, z. B. Anwohnern, über die vorgesehenen Massnahmen zur dynamischen Signalisierung, um Akzeptanz bzw. Verständnis zu fördern.

5.8 Generelle Anforderungen an Inhalt und Form von dynamischen Signalen

Es ist zielführend, bei den Anwendungsbereichen dynamischer Signalisierungen zu unterscheiden, ob sie Signale im Sinne des Strassengesetzes und der Signalisationsverordnung zeigen oder frei gestaltbare Text- bzw. Bildinformationen beinhalten. Es können drei wesentliche Einsatzformen unterschieden werden:

- Dynamische Signale im Sinne des Strassengesetzes (SVG) und der Signalisationsverordnung (SSV) und darauf basierender Normen [61],[62]
- Dynamische Signale mit überwiegend strukturierten Inhalten (z. B. Parkleitsysteme)
- Dynamische Signale mit flexibel gestaltbaren Inhalten (z. B. Wechseltextanzeigen)

Diese Einteilung charakterisiert die Spannweite von dynamischen Signalen. Sie reichen von national geltenden verkehrsrechtlich verbindlichen Formen und Inhalten bis zu fall-spezifischen Einzellösungen. Dabei hat die formal klare Abgrenzung zu anderen elektronischen Informationsmedien im öffentlichen Raum (z. B. Werbung, Veranstaltungshinweise) eine grosse Bedeutung. Bei dynamischen Signalen auf HVS müssen die verkehrlichen Zwecke aus Gründen der Verkehrssicherheit immer Priorität haben. Generell sind bei Piktogrammen und Texten die strassenverkehrsrechtliche Bedingungen und die Normen für Signale einzuhalten.

Die mittels dynamischer Signale gegebenen Informationen sollen klar und eindeutig sein und von den Verkehrsteilnehmenden ohne Zeitverzug verstanden werden. Das gilt sowohl für ortskundige als auch für ortsunkundige Fahrern (z. B. Pendler bzw. Ferienreisende). Die Anzeige von Alternativ- oder Umleitungsrouten muss sich in die Kontinuitätsregel einfügen, wonach einmal angegebene Ziele durchgängig erscheinen sollen. Deshalb muss das Zusammenspiel der dynamischen Signalisierungen mit statischen Signalen und Markierungen stimmen. Ausserdem müssen dynamische Signale die Mehrsprachigkeit der Schweiz berücksichtigen. Deshalb sollten die inhaltlichen Aussagen je nach Einsatzzweck durch weniger Text und mehr Piktogramme erfüllt werden. Schliesslich ist die Fähigkeit der Autofahrer begrenzt, Informationen während der Fahrt aufzunehmen. Dies verlangt daher eine kurze und prägnante Darstellung der Anzeigen.

6 Dynamische streckenbezogene Signalisierungen

6.1 Einleitung

Die dynamischen Signale unterscheiden sich von statischen Signalen durch die Möglichkeit mehrerer Betriebszustände. Daraus ergeben sich gute Optionen, die Anzeigen an aktuelle bzw. erwartete verkehrliche und sonstige Situationen anzupassen.

Die Schweizer Signalisationsverordnung unterteilt Signale wie folgt:

- Gefahrensignale
- Vorschriftsignale
- Vortrittsignale
- Hinweissignale
- Wegweisung

Im Weiteren werden die Gefahren-, Vorschrift- und Hinweissignale behandelt. Grundsätzlich sind diese Signale dynamisch ausführbar. Vortrittsignale eignen sich per se nicht für eine Dynamisierung, die besonderen Verhältnisse an Lichtsignalanlagen brauchen hier nicht ausgeführt werden. Die Wegweisung ist Bestandteil der Zielführung und wird in Kapitel 7 beschrieben.

Gefahrensignale werden nach SSV nur dort angeordnet, wo der ortsunkundige Fahrzeugführer eine Gefahr nicht oder zu spät erkennen kann. Die dynamische Signalisierung sollte jedoch nur dann erfolgen, wenn das verursachende Ereignis nicht regelmässig auftritt, z. B. Baustelle, zeitweise Gegenverkehr, Seitenwind, Rollspitt, Schleudergefahr durch Eisglätte, Stau. Dadurch kann die Aufmerksamkeit der Verkehrsteilnehmenden erhöht werden. Für permanente Gefahren, z. B. schwierige Kurven, Unebenheiten der Fahrbahn, Verengung der Fahrbahn, starkes Gefälle bzw. Steigung, Steinschlag usw. sind statische Signale besser geeignet, ggf. ergänzt mit gelben Warnblinkern.

Vorschriftsignale zeigen ein Gebot oder Verbot an. Das sind Fahrverbote, zulässige Fahrzeugmasse und –gewichte, Höchstgeschwindigkeiten, Mindestgeschwindigkeiten, vorgeschriebene Fahrtrichtung, Überholverbote, Mindestabstand für schwere Motorwagen, Schneeketten obligatorisch, Halte- und Parkierungsverbote, Ende- Signale (z. B. für Höchstgeschwindigkeiten), Busfahrbahn, Bus- Fahrtstreifen. Eine dynamische Signalisierung derartiger Vorschriften kann zweckmässig sein.

Hinweissignale dienen der Kennzeichnung besonderer Strassen, z. B. Autostrassen, Einbahnstrassen. Auch für sie wird im Weiteren dargelegt, unter welchen Bedingungen eine dynamische Ausführung geeignet sein kann.

In der Praxis werden dynamische Signale auf Hauptverkehrsstrassen u. a. genutzt für:

- Temporäre Fahrverbote (z. B. Nachtfahrverbot LW)
- Fahrplanordnungen (z. B. temporäre Geschwindigkeitsanordnungen)
- Überholverbote
- Fahrstreifensignale
- temporäre Baustellenankündigungen
- temporäre Lichtsignalanlagenankündigungen
- Stauwarnung
- andere Gefahrenwarnung (z. B. extreme Witterungsbedingungen)

Bei den weiteren Untersuchungen werden auch Erfahrungen mit streckenbezogenen Signalisierungen auf Hochleistungsstrassen berücksichtigt. Sie haben in der Norm SN 640 803 „Verkehrsbeeinflussung auf Autobahnen und Autostrassen, Wechselsignale“ ihren Niederschlag gefunden [47]. Das betrifft zuerst die Begriffsdefinitionen.

„Unter Wechselsignal wird ...ein Gefahren-, Vorschrift- oder Hinweissignal verstanden, bei welchem das Signalbild jeweils abhängig von den momentanen betrieblichen Anforderungen geschaltet werden kann. Das Signalbild ist der Inhalt eines Wechselsignals bei einem bestimmten Betriebszustand. Mit Betriebszustand wird im Folgenden die Konfiguration eines einzelnen Wechselsignals oder einer Kombination von Wechselsignalen für einen bestimmten Fall (Grundzustand, Ereignis) bezeichnet. Ein System von Wechselsignalen ist die Kombination von voneinander abhängigen Wechselsignalen im gleichen Querschnitt oder in mehreren Querschnitten“.

Weiter relevant sind Festlegungen zur Signalgestaltung: „Die Ausgestaltung der Signale...ist so zu wählen, dass die Wahrnehmung (und damit der Beachtungsgrad des Signals) im spezifischen Betriebszustand gegenüber dem Grundzustand erhöht wird“. Wechselsignale sind somit je nach Anwendung im Grundzustand ohne Bild und nur in spezifischen Betriebszuständen eingeschaltet, oder das Signalbild ist im Normalfall sichtbar und wird in spezifischen Betriebszuständen ausgeschaltet bzw. durch ein anderes Signalbild ersetzt.

Für Wechselsignale, welche vor allem Signalbilder des Grundzustandes beinhalten (d. h. nahezu dauernd in Betrieb sind), sollen...in der Regel Prismen- Signale verwendet werden. Für Wechselsignale, welche vor allem bei speziellen Betriebszuständen (d. h. temporär) zum Einsatz kommen, sollen... LED- Signale verwendet werden.“ [47]

6.2 Verkehrliche Planung

Mit den Arbeitsschritten (siehe 5.3) Problemanalyse, Erarbeitung der Aufgabenstellung und Lösungsentwicklung wird geprüft, ob das verkehrsrelevante Problem/ Ereignis dauerhaft bewältigt werden kann. Möglicherweise handelt es sich nur um eine vorübergehende Lösung, bevor die dauerhafte geschaffen werden kann.

Im Verlaufe des Planungsprozesses können Fragen wie die folgenden auftreten:

- Welche Vorteile bringen am vorgesehenen Standort (Punkt, Strecke) dynamische Signale gegenüber statischen?
- Kann auf die Situation, wenn sie eintritt, auch mit einfacheren Mitteln aufmerksam gemacht werden, z. B. durch zusätzliche Gelbblinker an statischen Signalen?
- Wie oft treten in einem Zeitintervall (Stunde, Tag, Monat, Jahr) Situationsänderungen auf, die eine Anpassung der Signalbilder erfordern?
- Inwieweit wäre der Einsatz mobiler Signalisierungseinrichtungen gegenüber der dauerhaften Installation von dynamischen Signalen sinnvoll?

Daneben spielt mitunter auch die Frage nach Möglichkeiten zur Einsparung von Betriebspersonalkosten eine Rolle. Diese stellt sich, wenn Signalen bislang manuell verändert werden mussten. Ein Beispiel hierfür ist die Sperrung öffentlichen Strassenraums bei saisonalen Veranstaltungen.

Die nachfolgend beschriebenen Arbeitsschritte vertiefen die Lösungsentwicklung und schaffen Grundlagen für eine objektspezifische Planung.

6.2.1 Funktionale Auswahl und Zuordnung

Mit dem Einsatz streckenbezogener Signalisierungen sollen entsprechend der jeweiligen Aufgabenstellung bestimmte Ziele realisiert werden. Im Vordergrund stehen die Erhöhung der Verkehrssicherheit, die Stabilisierung des Verkehrsflusses und die Verringerung von Umweltbeeinträchtigungen. Mit der zunehmenden Bedeutung des Verkehrsmanage-

ments kann auch die Anpassung der Verkehrsorganisation an die jeweilige örtliche Situation ein wichtiges Ziel sein, dessen Erfüllung dynamische Signale unterstützen.

In der Abbildung 6.1 werden den genannten Zielen Massnahmen der Signalisierung zugeordnet und die zu ihrer Umsetzung erforderlichen Signale entsprechend SSV genannt. In der letzten Spalte werden die Einsatzbedingungen aufgeführt.

Abb. 6.1 Zuordnung von Zielen und Massnahmen zu dynamischen Signalen

Ziele	Massnahmen	Signale	Einsatzbedingungen
Erhöhung Verkehrssicherheit	Stauwarnung	Gefahrensignal	Periodisch auftretende Verkehrsüberlastungen mit relativ genau bestimmbareren Stauenden;
	Tempolimit	Vorschriftsignal	Wiederholt, jedoch nicht ständig auftretend: hohe Verkehrsbelastung; kritischer Fahrbahnzustand (z. B. Glätte); Sichteinschränkung (z. B. Nebel)
	Gefahrwarnung	Gefahrensignal	Wiederholt, jedoch nicht ständig auftretend: kritischer Fahrbahnzustand (z. B. Glätte); Sichteinschränkung (z. B. Nebel)
	Zusätzliche Fahrzeugausrüstungen nötig	Vorschriftsignal	Wiederholt, jedoch nicht ständig auftretend: Schneeketten erforderlich
	Baustellen anzeigen	Gefahrensignal	Langzeitbaustelle mit zeitweise Unterbrechung
Stabilisierung Verkehrsfluss	Tempolimit	Vorschriftsignal	Abschnittsweise variable Höchstgeschwindigkeiten
	Überholverbote	Vorschriftsignal	Mehrstreifige Richtungsfahrbahnen, zeitweise soll Schwerverkehr nur die rechte nutzen
Situationsangepasste Verkehrsorganisation			
	Parkierung zulassen/ nicht zulassen	Vorschriftsignal	Verkehrsraumnutzung variiert ereignisabhängig
	Busbevorzugung	Vorschriftsignal Fahrstreifensignal	Temporäre Fahrstreifennutzung durch Busse
	Einrichtung Einbahnstrasse, Gegenverkehr	Vorschriftsignal Hinweissignal Fahrstreifensignal	Verkehrsraumnutzung variiert ereignisabhängig
Verbesserung Umweltschutz	Tempolimit	Vorschriftsignal	(Umwelt-) Belastungsabhängige Geschwindigkeitsbeschränkungen
	Fahrverbote für einzelne Verkehrsarten	Vorschriftsignal	(Umwelt-) Belastungsabhängige oder tageszeitlich variierende Strassenutzungseinschränkungen für bestimmte Fz- Kategorien, z. B. Nachtfahrverbote Schwerverkehr

Kontroverse Auffassungen bestehen zum Einsatz dynamischer Geschwindigkeitsanzeigen vor Schulen. Der Vorteil besteht darin, dass niedrigere Geschwindigkeiten, in der Regel 30 km/h, nur dann signalisiert werden, wenn es erforderlich ist. Hingegen bedarf es zu schulfreien Zeiten keiner Einschränkung. Ein Nachteil wird darin gesehen, dass es dann an Achtsamkeit mangelt, obwohl sich dort möglicherweise Kinder aufhalten. Sie nutzen z. B. schulische Einrichtungen auch an Wochenenden oder in den Ferien.

Durch die Kantonpolizei Zürich wurde vor einigen Jahren die Wirksamkeit von Geschwindigkeitswechsellsignalen an ausgewählten Schulstandorten untersucht (Abbildung 6.2). Es stellten sich durchaus positive Wirkungen im Sinne höherer Achtsamkeit seitens der

Fahrzeugführer heraus. Vor allem wegen dem oft spontanen Verhalten der Kinder im Strassenverkehr reicht jedoch diese Massnahme allein nicht zur Erhöhung der Verkehrssicherheit aus. Es wurde empfohlen, derartige temporäre Geschwindigkeitsanordnungen nur dort zu installieren, wo die Linienführung der Strasse weniger übersichtlich ist und die Kinder erst spät bemerkt werden [36].

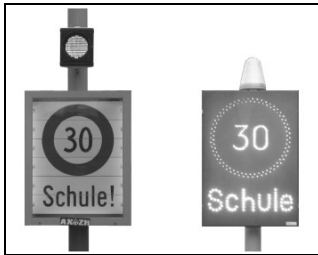


Abb. 6.2 Temporäre Geschwindigkeitsanordnungen vor Schulen [36]

6.2.2 Einsatzbeurteilung

Neben der funktionalen Zuordnung der Signale zu den Zielen und Massnahmen ist eine Einsatzbeurteilung notwendig. Sie gibt Aufschluss über die Zweckmässigkeit dynamischer Signale und beinhaltet mehrere Kriterien. Diese sind in Abbildung 6.3 aufgeführt.

Nicht für jede Einsatzbeurteilung müssen alle Kriterien zutreffend sein. Soll z. B. wegen wiederholter Veranstaltungen in Nebenstrassen das Abbiegen in diese zeitweilig verboten werden, so braucht es für diesen Fall eher keine Beurteilung der Verkehrssicherheit.

<p>Ereignischarakter</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Art, Schwere ▪ Häufigkeit ▪ Dauer 	<p>Verkehrsablauf</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Verkehrsbelastungen ▪ Geschwindigkeiten ▪ Strassencharakteristik
<p>Verkehrspsychologie</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Wahrnehmung ▪ Verständnis ▪ Akzeptanz 	<p>Verkehrssicherheit</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Unfallursache ▪ Unfallhäufigkeit ▪ Unfallschwere

Abb. 6.3 Beurteilungskriterien für streckenbezogene Signalisierungen

Die Beurteilung der Ereignisse, die zum Einsatz dynamischer Signale führen können, erfolgt zuerst nach ihrer Art bzw. Schwere, Häufigkeit und Dauer. Daraus kann sich ergeben, dass weitere Faktoren eine Rolle spielen. Treten z. B. wiederholt Unfälle infolge Glatteisbildung auf, so sind sowohl der Ereignischarakter und der Faktor Verkehrssicherheit massgebend, meist auch noch der Faktor Verkehrsablauf.

Ein anderes Beispiel ist das nahezu regelmässige Auftreten eines Staus in Spitzenstunden vor kritischen Knotenpunkten. Hier sind sowohl der Ereignischarakter als auch der Verkehrsablauf zu beurteilen. Dazu gehören, z. B. die Schwankungen der Verkehrsbelastungen im Tagesverlauf. In diesem Fall kann die Ereignisschwere durch die Staulängen bzw. die Dauer des Stauabbaus charakterisiert werden.

Für bestimmte Ereignisse sind die Daten bekannt, z. B. für periodisch wiederkehrende Strassensperrungen anlässlich von Wochen- oder Weihnachtsmärkten oder Volksfesten.

Bei verkehrs- und witterungsabhängigen Ereignissen können (jahres-) durchschnittliche Werte für die Häufigkeit des Auftretens und der Dauer zu Grund gelegt werden.

Sollen dynamische Vorschriftsignale zur Stabilisierung des Verkehrsablaufs eingesetzt werden, so ist zu beurteilen, wie die Verkehrsbelastungen und/ oder Geschwindigkeiten im Tagesverlauf variieren.

Die Kenngrösse Strassencharakteristik dient vor allem dazu, Besonderheiten im Querschnitt und Verlauf zu berücksichtigen. Das sind z. B. Sichteinschränkungen vor Kurven und Steigungen oder Reduzierungen der Fahrbahnbreiten.

Darüber hinaus sind verkehrspsychologische Aspekte zu berücksichtigen. Es ist zu beurteilen, ob ein dynamisches Signal im konkreten lokalen Umfeld rechtzeitig wahrgenommen und verstanden werden kann. Ausserdem ist einzuschätzen, mit welcher Wahrscheinlichkeit der Signalinhalt von den Verkehrsteilnehmenden akzeptiert wird.

Schliesslich stellen Unfallkenngrössen häufig zu beachtende Kriterien zur Einsatzbeurteilung dar. Mit dem Begriff Unfallursache soll eingeschätzt werden, ob die bislang am Ereignisort erfassten Unfälle (zugleich Kenngrösse Unfallhäufigkeit) in einem ursächlichen Zusammenhang mit der örtlichen Situation stehen oder eher nicht. Die Unfallschwere differiert zwischen Bagatellschäden und erheblichen Personen- bzw. Sachschäden.

Aufgrund der Faktorenviefalt ist es für die Einsatzbeurteilung kaum möglich, feste Bewertungsgrössen zu bestimmen. Vielmehr ist es sinnvoll, zunächst festzustellen, welche Beurteilungskriterien und Kenngrössen im konkreten Fall zu beachten sind.

Wenn eine Kenngrösse für die Einsatzbeurteilung als zutreffend angesehen wird, dann ist ihre Bedeutung mit den drei Stufen gering, mittel und stark zu bewerten. Diesen Stufen werden die Zahlenwerte 1, 2 und 3 zugeordnet.

Schliesslich wird ein relativer Beurteilungswert B gebildet. Dieser setzt die erreichte Beurteilungssumme ins Verhältnis zur Höchstsumme. Die Höchstsumme ergibt sich aus der Multiplikation der Anzahl zutreffender Kenngrössen mit dem höchsten Wert 3.

Die Abbildung 6.4 stellt ein einfaches Hilfsmittel für die Ermittlung des Beurteilungswertes B dar. Die zutreffenden Felder werden angekreuzt und die Anzahl der Kreuze spaltenweise addiert. Das ergibt die Spaltensummen A1, A2, A3 und A4.

Abb. 6.4 Ermittlung des Beurteilungswertes B

	Trifft zu	gering	mittel	stark
Ereignischarakter				
Art				
Häufigkeit				
Dauer				
Verkehrsablauf				
Verkehrsbelastungen				
Geschwindigkeiten				
Strassencharakteristik				
Verkehrssicherheit				
Unfallart				
Unfallhäufigkeit				
Unfallschwere				
Verkehrspsychologie				
Wahrnehmung				
Verständnis				
Akzeptanz				
Anzahl	A1	A2	A3	A4

Daraus ergibt sich $B = A2 + (A3 \times 2) + (A4 \times 3) / (A1 \times 3)$

Dieses einfache Verfahren lässt Spielraum zu für die Einschätzung, ob eine Kenngrösse gering, mittel oder stark ausgeprägt ist.

Erreicht B einen Wert unter 0,5, so ist der Einsatz eines oder mehrerer dynamischer Signale als Lösungsoption wenig geeignet, ist er höher als 0,7, so kann der Einsatz zweckmässig sein. Liegt der Wert zwischen 0,5 und 0,7, ist eine Abwägung dienlich.

6.2.3 Standortfestlegung

Für die Standortfestlegung dynamischer Signale gelten in der Regel die gleichen in der SSV enthaltenen Bedingungen wie für die ihnen entsprechenden statischen Signale [62].

Die Gefahrensignale stehen innerorts kurz vor der Gefahrenstelle (üblicherweise bis 50 m vorher), ausserorts 150–250 m vor der Gefahrenstelle.

Vorschriftsignale gelten an der Stelle oder von der Stelle an, wo das Signal steht, bis zu den entsprechenden Ende-Signalen. Bei der Dynamisierung von Vorschriftsignalen ist zu prüfen, ob sie bislang unter Zuhilfenahme einer Distanztafel angekündigt wurden. Darauf sollte dann nach Möglichkeit verzichtet werden.

Drängt sich auf Strassen mit schnellem Verkehr (80 km/h, ggf. 100 km/h) eine erhebliche Reduktion der erlaubten Höchstgeschwindigkeit auf (Art. 108), wird diese stufenweise, in der Regel jeweils um 20 km/h pro Stufe gesenkt. Das bedeutet, es sind mehrere Signale nacheinander unter Beachtung fahrdynamischer Abläufe (Abbremsen) erforderlich.

Hinweissignale stehen am Beginn der Strecke, für die sie gelten. Soweit erforderlich, ist auch die Länge der Strecke, auf die sich der Hinweis bezieht, anzugeben. Sind Vorsignale vorgeschrieben, müssen diese ebenfalls dynamisiert werden. Sie stehen unter Angabe der Distanz innerorts mindestens 50 m; ausserorts mindestens 150 m vor der betroffenen Strecke.

Dynamische Signale benötigen eine Energieversorgung und Datenverbindung zur Steuerebene. Das kann in Abhängigkeit von den örtlichen Voraussetzungen u. U. zu erhöhtem Aufwand führen, der in der Nutzen- Kosten- Analyse zu berücksichtigen ist.

6.3 Technische und betriebliche Umsetzung

Für die technische und betriebliche Umsetzung von geplanten streckenbezogenen Signalisierungen werden zunächst die Funktionen auf den vier Ebenen betrachtet. Dies geschieht in Anlehnung an Abbildung 5.7 und wird auszugsweise in Abbildung 6.5 wiederholt.

Abb. 6.5 Funktionale Ebenen für streckenbezogene Signalisierungen

Ebene	Funktionen	
Betriebsleitebene	Datenfusion und Verkehrslageerfassung, Monitoring Verkehrsablauf	<input type="checkbox"/>
	Ereignisfeststellung	<input type="checkbox"/>
	Massnahmenauswahl	
	Systemabgleich	
	Massnahmenumsetzung	
Prozessleitebene	Datenaufbereitung	<input type="checkbox"/>
	Datenabgleich	<input type="checkbox"/>
	Makrosteuerung	<input type="checkbox"/>
	Überwachung Feld- und Steuerebene	<input type="checkbox"/>
Steuerebene	Datenaufbereitung	■
	Mikrosteuerung	■
Feldebene	(Verkehrs-) Datenerfassung	■
	Signalisierung	■
Legende: ■ trifft zu □ trifft teilweise zu		

Die Schaltung von Signalen aus einem Grundzustand in einen oder mehrere andere Betriebszustände kann zeit- oder ereignisabhängig erfolgen. Die hierzu erforderlichen Daten sind online oder offline zu ermitteln oder vorzugeben. Das geschieht in der Regel auf der Feld- und Steuerebene.

Das Vorgehen hängt davon ab, ob es sich um Vorschrift-, Hinweis- oder Gefahrensignale handelt und ob diese einzeln oder in einer Signalkette geschaltet werden.

Signale zur Stauwarnung sollten nur dann erscheinen, wenn tatsächlich ein solcher detektiert wurde. Hierfür sind Verkehrserfassungseinrichtungen mit Auswertemodulen auf der Feldebene notwendig. Die Mikrosteuerung basiert in der Regel auf Schwellwerten für den Wechsel der Betriebszustände. Dabei ist ein Zeitlimit vorzugeben, in dem der Schwellwert über- bzw. unterschritten wird (Aktivierung, Deaktivierung). Andernfalls können zu häufige Wechsel der Betriebszustände auftreten.

Ersatzweise kann die Signalsteuerung auch durch Fernbedienung von einer Prozessleitebene aus erfolgen, z. B. wenn die örtliche Überwachung durch Kameras stattfindet.

Stauwarnungen als Bestandteil eines Systems zur Verkehrsleitung in einem Streckenabschnitt basieren in der Regel auf einer Kette von Signalen und stehen meist im Zusammenhang mit Vorschriftsignalen für Tempolimits und Überholverbote. Das bedeutet auch, die Steueralgorithmen sind in dieser Komplexität zu planen und einzusetzen.

Signale für Tempolimits und Überholverbote sind in der Regel Bestandteil einer Signalfolge über einen Strassenabschnitt. Dabei sind gemäss SSV Beginn und Ende zu signalisieren sowie bei längeren Strecken Wiederholungen erforderlich.

Die Einhaltung dieser Festlegung bedeutet, dass u. U. eine Segmentierung des Strassenabschnitts zweckmässig ist, um auf inhomogene Verkehrsabläufe mit den jeweils zutreffenden Anzeigen zur Maximalgeschwindigkeit bzw. des Überholverbots zu reagieren. Dafür braucht es neben den Signalen auch Verkehrserfassungsstellen in möglichst jedem Segment.

Die Anzahl der Segmente kann nur in Abhängigkeit von den örtlichen Bedingungen ermittelt werden. Dabei haben die Topografie und die Strassentrassierung wesentlichen Einfluss. Aus wahrnehmungspsychologischen und wirtschaftlichen Gründen sollte die Anzahl der Segmente und Signale jedoch gering gehalten werden. Werden temporäre Tempolimits ausschliesslich aus Gründen des Umweltschutzes signalisiert, kann die Segmentierung entfallen.

Der Einsatz dynamischer Signale zur Gefahrwarnung bedingt ein hohes Mass an Detektionsgenauigkeit des Gefahren Eintritts bzw. ihres Nichtmehrvorhandenseins. Das betrifft sowohl die Wirksamkeit der Massnahme als auch die Konsequenzen infolge von Fehlfunktionen.

Gefahrensignale und die zugehörigen Detektoren sollten technisch überwacht und bei Ausfall bzw. Funktionseinschränkungen sofort Meldungen an die verantwortliche Stelle gegeben werden, in der Regel an der Prozessleitebene.

Die technische Überwachung spielt bei allen Einsatzformen von Signalen eine wichtige Rolle. Das zuverlässige Funktionieren bzw. die schnelle Störungsbeseitigung sind Voraussetzung dafür, dass die Einsatzziele erreicht werden und die Akzeptanz bei den Verkehrsteilnehmenden hoch ist. Dem steht ein zum Teil beträchtlicher Aufwand an den Signalen selbst, an der Informationsübermittlung und am Monitoring gegenüber.

Sofern nicht gesetzliche oder andere Vorschriften zu Überwachungsanforderungen bestehen, ist es angebracht, bei Signalausfällen zwischen gefährlichen und hemmenden Wirkungen zu unterscheiden.

Können beim Ausfall von Signalen gefährliche, d. h. sicherheitsgefährdende Wirkungen auftreten, sollte der höchstmögliche Standard gesetzt werden. Das wäre bei Gefahrensignalen und einigen Vorschriftsignalen, z. B. für Tempolimits, angemessen. Neben der Überwachung des Betriebszustandes wird auch die tatsächliche Erkennbarkeit permanent geprüft, u. a. von LED- Signalen.

Treten hemmende Wirkungen bei Signalausfall auf, z. B. instabiler Verkehrsfluss, so soll soviel wie nötig überwacht werden, in der Regel der Betriebszustand Ein/ Aus.

Signale für die Verkehrsorganisation, z. B. für temporäre Parkierungen, Fahrtrichtungsänderungen oder Fahrstreifennutzungen benötigen Funktionen auf der Zentralen- und teilweise Verkehrsmanagementebene. In der Regel handelt es sich um zeitabhängige Wechsel der Betriebszustände. Sie benötigen keine eigene Detektion. In diese Kategorie fallen auch Signale, die Fahrverbote für einzelne Verkehrsarten vorschreiben.

6.4 Gestaltung der Signale

Die Gestaltung der Signale betrifft Inhalte, Ausführungsform und Erkennbarkeit.

Für die Inhalte von Wechselsignalen gelten prinzipiell die gleichen SSV- Vorschriften wie für statische Signale, da sie dieselben Aussagen enthalten.

Die Ausführungsform dynamischer Signale soll einheitlich sein, damit die Verkehrsteilnehmenden sie an jedem Ort richtig wahrnehmen können. Gleiche Inhalte in verschiedenen Formen erschweren dies. Allerdings ist das in der Praxis nicht vollständig durchsetzbar. Zum einen treten verschiedene Lieferanten auf. Zum anderen können bei technischen Weiterentwicklungen nicht jedes Mal alle vorhandenen Signale ersetzt werden.

Im Vergleich zu den dynamischen Informationsanzeigen (Kapitel 8) sind dennoch bei Wechselsignalen eher weniger wahrnehmungspsychologische Probleme zu erwarten, da die Signalinhalte bekannt sind.

Ausgehend von den Anforderungen auf Nationalstrassen hat das ASTRA zwei technische Merkblätter veröffentlicht, die auch für Wechselsignale auf Hauptverkehrsstrassen geeignet sind:

- Technisches Merkblatt 23001-11433 „Wechselsignal – LED-Signal“
- Technisches Merkblatt 23001- 11434 „Wechselsignal – Prismenwechselsignal“ (05/2009)

Beide Merkblätter sind Bestandteil des Fachhandbuchs BSA (Betriebs- und Sicherheitsausrüstungen) und wurden am 18.05.2009 in Kraft gesetzt [67]. Darin sind auch Anforderungen an die Sichtbarkeit der Signale und damit indirekt auch Vorgaben für ihre Aufstellung enthalten:

LED- Signal:

- Aus 150 m Entfernung muss der Inhalte des Signals eindeutig erkannt werden können.
- Bis 35 m vor dem Aufstellort muss die Sichtbarkeit des Inhalts gewährleistet sein, bevor er winkelbedingt unsichtbar wird.
- Die Signalbilder müssen rechts / links symmetrisch sein und die Frontabmessungen müssen weitestgehend ausgefüllt werden.

Prismenwechselsignal:

- Aus 200 m Entfernung muss erkennbar sein, ob es sich um ein Warn-, Vorschrift- oder Hinweissignal handelt.

- Aus 150 m Entfernung müssen die wesentlichen Inhalte des Signals eindeutig erkannt resp. gelesen werden können.
- Bis 35 m vor dem Aufstellort muss die Sichtbarkeit der Inhalte gewährleistet sein, bevor sie winkelbedingt unsichtbar werden.

Es ist zu berücksichtigen, dass sowohl die elektromechanische Ausführung vor Ort als auch die differenzierten Anforderungen an die Signalüberwachung realisierbar sind.

7 Dynamische Zielführungen

7.1 Einleitung

Bei der Planung von dynamischen Zielführungen spielen eine Reihe von Voraussetzungen und Einflussfaktoren eine Rolle, die in Abbildung 7.1 dargestellt und im weiteren Text behandelt werden.

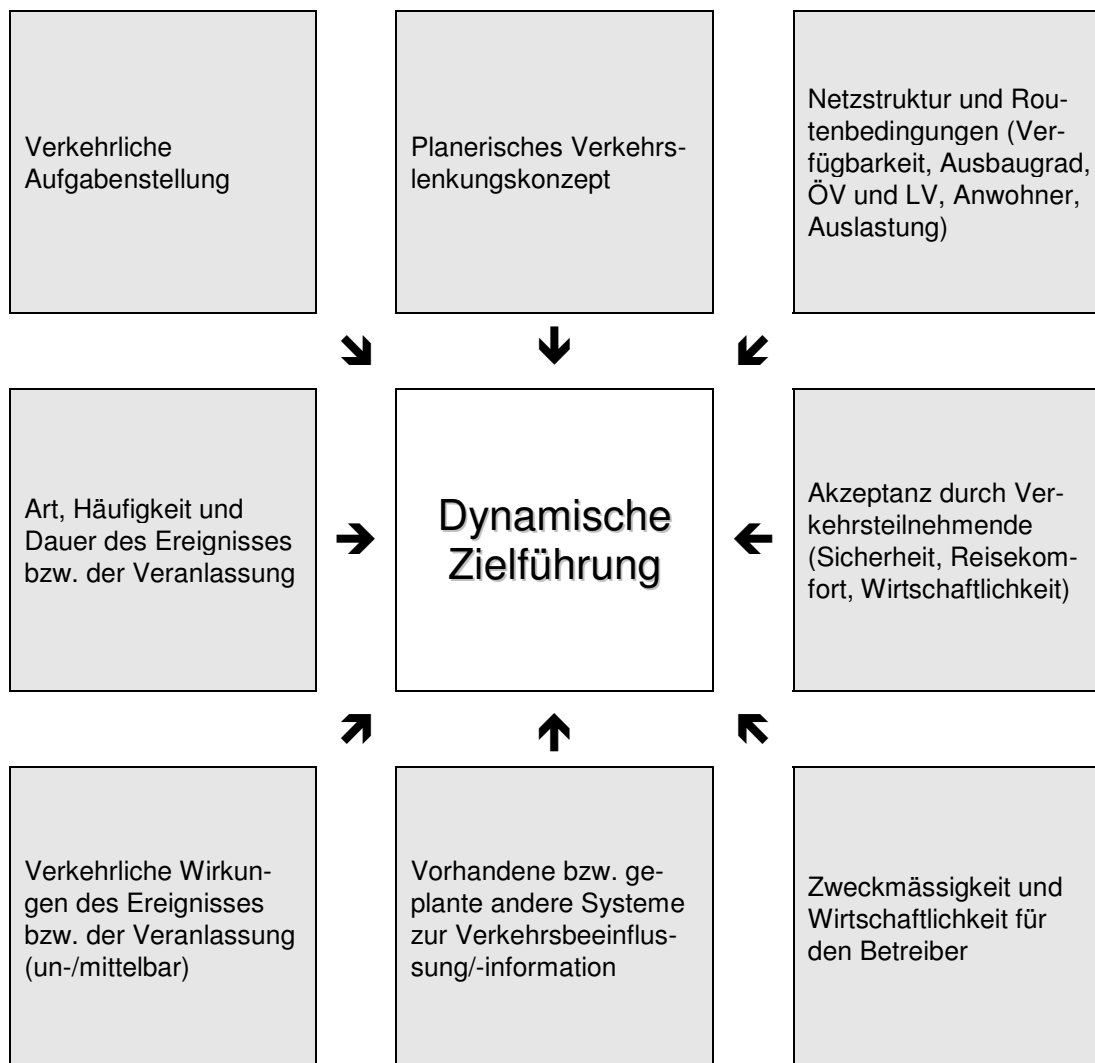


Abb. 7.1 Voraussetzungen und Einflussfaktoren dynamische Zielführung

Das Grundanliegen von dynamischen Zielführungen besteht darin, Verkehrsströme in einem Strassennetz entsprechend der aktuellen oder erwarteten Verkehrslage so zu lenken, dass die Anforderungen der Verkehrsteilnehmenden, der zuständigen Verwaltungen und der Anwohner bestmöglich erfüllt werden. Im Kapitel 4 wurden hierfür drei Varianten definiert:

- Umleitungswegweisungen
- Alternativroutenführungen
- Parkleitsysteme

Umleitungswegweisungen und Alternativroutenführungen dienen vor allem dem fließenden, Parkleitsysteme vor allem dem ruhenden Verkehr. Wie verschiedene Beispiele in Kapitel 3 gezeigt haben, kann eine Verbindung zwischen diesen Einsatzarten zu einer weiteren Optimierung des Verkehrsablaufs führen.

Für die Unterscheidung der Zielführungen in Umleitungswegweisungen und Alternativroutenführung gibt es eine Reihe von Gründen, die hier kurz genannt werden sollen:

- Das Verkehrsmanagement gewinnt weiter an Bedeutung für höhere Verkehrssicherheit, stabileren Verkehrsfluss und umweltverträglicheren Verkehrsablauf.
Seine Kernfunktion besteht darin, durch intelligente Verkehrsbeeinflussung/ Verkehrsinformation die vorhandene Verkehrsinfrastruktur, d.h. das verfügbare und geeignete Netz, optimal auszunutzen. Ein Weg dazu ist die dynamische Zielführung. Sie kann folglich nicht auf Umleitungen infolge gesperrter Abschnitte beschränkt werden.
- Die derzeit gültigen Normen und Richtlinien zur Wechselwegweisung auf HLS decken nicht die Bedingungen der flexiblen Routenauswahl ab und bedürfen daher vor allem für HVS einer Erweiterung.
- In der ausländischen Literatur und Praxis beinhaltet die substitutive Wechselwegweisung zugleich auch die Anzeige einer anderen verfügbaren Route, wenn die Stammroute nicht befahrbar ist. Additive Wechselwegweisung ist die Anzeige des gleichen Fernziels sowohl an der Stammroute als auch an der Alternativroute.
Nach dem Verständnis der Norm SN 640 804 handelt es sich bei der additiven Wechselwegweisung jedoch nicht um eine Alternativroutenführung, da die Stammroute nicht befahrbar ist.
- Die sich abzeichnenden Entwicklungen auf dem Gebiet der kooperativen Systeme, siehe hierzu Kapitel 10, werden durch kollektive Alternativroutenführungen unterstützt. Die höhere Akzeptanz strassenseitiger Signale/ Informationen bei den Autofahrenden trägt zum anzustrebenden Nutzeroptimum bei.

Die Zielfunktion von Alternativroutenführungen besteht also darin, in einem festgelegten Gebiet, dessen Strassen Netzmaschen bilden, den Verkehrsfluss zu optimieren. Das bedeutet, das Verkehrsaufkommen soll in Abhängigkeit von der aktuellen bzw. prognostizierten Verkehrslage, unter Berücksichtigung der Verkehrsstromaufteilung nach Quellen und Zielen und des beabsichtigten Umgangs mit den jeweiligen Verkehrsteilnehmerarten möglichst gleichmässig verteilt werden. Für die weiteren Untersuchungen werden deshalb folgende Prämissen gesetzt:

- Bei der Umleitungswegweisung steht die Stammroute nicht zur Verfügung.
- Bei der Alternativroutenführung steht auch die Stammroute zur Verfügung. So kann das gleiche Ziel zur gleichen Zeit über verschiedene Routen, einschliesslich der Stammroute erreicht werden, häufig jedoch unter nicht gleichen Bedingungen, z. B. mit unterschiedlich langen Reisezeiten.

Diese Unterscheidungen bedeuten jedoch nicht, dass man bei der Alternativroutenführung auf die verkehrsplanerische Festlegung und statische Signalisierung von Stammrouten verzichten kann. Sie bilden, wie im Folgenden beschrieben, die sich längerfristig einstellende Verkehrsstromaufteilung ab. Ausserdem braucht es Rückfallebenen für den Ausfall von telematischen Systemen.

Zunächst ist es sinnvoll, zutreffende Rahmenbedingungen für die einzelnen Arten der dynamischen Zielführung festzustellen bzw. festzulegen (Abbildung 7.2). Diese Rahmenbedingungen werden im folgenden Text weiter erläutert.

Abb. 7.2 Rahmenbedingungen bei dynamischen Zielführungen

Rahmenbedingungen		Zielführungen		
		Umleitungs- weg- weisung	Alterna- tivrou- tenfüh- rung	Park- leitsys- tem
Wegweisung zu Fernzielen	▪ zu/ von grüner WW (BAB – AS)	x	x	
	▪ blaue WW	x	x	
	▪ weisse WW	(x)	x	
andere Zwecke	▪ zu/ von wichtigen Punkten, Gebieten		x	
	▪ Trennung von Verkehrsarten		x	
	▪ Trennung von Verkehrsteilnehmenden		x	
räumliche Ausdehnung	▪ überregional	x	x	
	▪ regional	x	x	
	▪ kommunal	x	x	x
Strassennetzstruktur	▪ Gesamtnetz		x	
	▪ Teilnetz	(x)	x	x
	▪ Netzmasche	x	x	x
	▪ Streckenabschnitt		(x)	x
Planerische Routenverfügbarkeit	▪ Stammrouten, Alternativrouten	x	x	(x)
Betriebliche Routenverfügbarkeit	▪ Stammroute und Alternativroute		x	x
	▪ Stammroute ohne Alternativroute	x		x
	▪ Alternativroute ohne Stammroute	x	x	
	▪ „Ableitung“	(x)	x	
Zielverfügbarkeit	▪ Parkierung (Parkhäuser/-plätze)			x
	▪ Bedarfsparkflächen		x	
	▪ P+R, ÖV- Anschluss		x	

Aus praktischen Untersuchungen und theoretischen Überlegungen heraus können dynamische Zielführungen nach folgenden Zwecken unterschieden werden:

- Über-/regionale Zielführung im Rahmen der grünen und blauen Wegweisung,
- Städtische Zielführung von und zu wichtigen Punkten (z. B. City, Bahnhof, P+R- Plätze, Stadion, Messe, Kongresscenter),
- Situationsabhängige Trennung von Verkehrsarten bzw. Gruppen von Verkehrsteilnehmenden

Die über-/regionale Zielführung im Rahmen der grünen und blauen Wegweisung ist bei Umleitungswegweisungen und bei Alternativroutenführungen anwendbar.

Die städtische Zielführung von und zu wichtigen Punkten kann Bestandteil der blauen Wegweisung sein, jedoch auch andere Routen umfassen, einschliesslich solcher der weissen Wegweisung. In einigen Fällen wird die städtische Zielführung nicht permanent eingesetzt, sondern nur bei bestimmten Ereignissen, z. B. Messen, Grossveranstaltungen in Stadien. In diesem Sinne kann die punktbezogene Zielführung auch ausserhalb von Städten angewendet werden, z. B. in touristischen Zentren.

Die situationsabhängige Trennung von Verkehrsarten kann sich z. B. als notwendig erweisen, wenn aus bestimmten, jedoch in der Regel nicht dauerhaft bestehenden Gründen der Schwerverkehr anders geführt werden soll wie der übrige Verkehr. Ein Beispiel hierfür sind Nachtfahrverbote für Lastwagen. Die Trennung von Gruppen von Verkehrsteilnehmenden kann zweckmässig sein, wenn anlässlich von grossen Veranstaltungen der Besucherverkehr anders geleitet werden soll als der Anwohnerverkehr. Unter diese Rubrik fällt z. B. auch die Trennung von Fangruppen bei Fussballspielen.

Zu den dynamischen Zielführungen gehören auch die dynamischen Parkleitsysteme. Diese weisen auf einzelne Parkieranlagen hin und informieren über die aktuelle Verfügbarkeit von Stellplätzen. Damit kann der Verkehr auf Hauptachsen kanalisiert und Parksuchverkehr sowie mit diesem verbundene Emissionen sowie Beeinträchtigungen des fliessenden Verkehrs minimiert werden. Die Zielführung zur Parkieranlage stellt für diese eine Routenführung zum gewünschten Zielgebiet dar.

7.2 Planung

7.2.1 Verkehrsplanerische Grundlagen

Als Basis für die dynamische Zielführung gelten die rechtlichen Regelungen und örtlichen Festlegungen für die statische Wegweisung im Rahmen der bestehenden Netzstruktur. Damit wird auch nicht gewollten Verkehrsverlagerungen vorgebeugt, wie sie bei fahrzeugseitigen Navigationssystemen auftreten können.

Für die Charakterisierung der Hauptverkehrsstrassennetze sollte zwischen städtischen, regionalen und überregionalen Strassennetzen bzw. Netzabschnitten unterschieden werden. Dabei kann eine Hauptverkehrsstrasse durchaus zu allen drei Netzen gehören, was vor allem in den Agglomerationen der Fall ist.

Aufgrund der historischen Entwicklung, der geografischen Bedingungen oder des fehlenden Bedarfs existiert in einzelnen Regionen oftmals kein (vollständig) in sich geschlossenes Hauptverkehrsstrassennetz. Dort, wo der Bedarf vorhanden ist, jedoch noch nicht abgedeckt werden konnte, wird von fehlenden Netzelementen gesprochen. Für das Schliessen der Lücken sind in einigen Agglomerationsprogrammen entsprechende Massnahmen ausgewiesen. Infolge des Lückenschlusses können Veränderungen in der Aufteilung der Verkehrsströme auftreten. Mögliche Auswirkungen auf die Wirksamkeit dynamischer Signalisierungen sollten frühzeitig bei deren Planung beachtet werden.

Die Wegweisung ist in [50] und [62] geregelt. Danach zeigen Wegweiser mit weisser Schrift auf grünem Grund den Weg zu Autobahnen oder Autostrassen an. Wegweiser mit weisser Schrift auf blauem Grund zeigen an, dass das angegebene Ziel vorwiegend auf Hauptstrassen erreicht wird. Wegweiser mit schwarzer Schrift auf weissem Grund zeigen an, dass das angegebene Ziel vorwiegend auf Nebenstrassen erreicht wird.

Anders als für die eindeutige Ziel- und Streckenzuordnung auf Autobahnen konnten für Hauptverkehrsstrassen ausser der Durchgangsstrassenverordnung [63] keine zentralen Planungsvorgaben für die Wegweisung ermittelt werden.

Im vorliegenden Forschungsprojekt kann diese Lücke nicht geschlossen werden. Der Vollständigkeit halber wird auf einige wichtige verkehrsplanerische Aspekte hingewiesen, die auch für die dynamische Zielführung relevant sind:

In [42] wird darauf verwiesen, dass „für Zielangaben des Haupt- und Nebenstrassennetzes konzeptionelle Überlegungen über die Zielbezeichnungen notwendig (...sind), welche die Kontinuität der angegebenen Ziele auch über Zuständigkeitsgrenzen hinaus (Stadt-, Kantonsgrenzen usw.) sicherstellen“.

Insoweit kann es erforderlich sein, bei der Planung von Umleitungswegweisungen und Alternativroutenführungen die vorhandene statische Wegweisung im jeweiligen Untersuchungsgebiet hinsichtlich Aktualität und Zweckmässigkeit zu prüfen.

Nach [27] sind Verkehrslenkungs-konzepte eine wichtige Grundlage für die betriebliche Verkehrsbeeinflussung, zu denen die Wegweisung gehört. Sie dient dazu, Fahrtziele möglichst direkt ab dem übergeordneten Strassennetz anzufahren und dadurch untergeordnete Strassen nicht unnötig zu belasten. Dabei wird zwischen grossräumigen Transitrouten, Durchgangsrouten bezüglich der näheren Region und wichtigen Stadtrouten mit Zielorten in der Stadt unterschieden. Den Hauptverkehrsstrassen kommt dabei eine wesentliche Funktion bei der Kanalisierung des Verkehrs zu.

In den deutschen „Richtlinien für integrierte Netzgestaltung“ werden aus der funktionalen Gliederung der Verkehrsnetze sowie aus Qualitätskriterien und -kenngrössen Qualitätsvorgaben zur Gestaltung von Verkehrsnetzen, Netzabschnitten und Verknüpfungspunkten abgeleitet. Darauf basierend kann die optimale Zielführung entwickelt werden [11].

In der Praxis arbeitet man häufig mit so genannten Zielspinnen. Von den Startpunkten der Wegweisung bis zum Erreichen des Zieles werden entlang des Wegenetzes Linien

gezogen. Diese laufen sternförmig bzw. in der Art eines Spinnennetzes auf das jeweilige Ziel zu. Die Zielspinnen garantieren, dass die Kontinuitätsregel eingehalten wird. Aus der Überlagerung von Zielspinnen entstehen Zielpläne zur Führung der Ziele entlang von Strecken und Knoten.

Die tatsächliche Festlegung der Ziele in der Wegweisung kann mittels Umlegungsmodell auf Basis der nach Quelle- Ziel zerlegten Verkehrsbelastungen erfolgen.

Die Kenntnis der gegenwärtigen und prognostizierten Quelle- Ziel- Beziehungen der Verkehrsströme bildet auch eine wichtige Grundlage für realistische Entscheidungen zu dynamischen Zielführungen. Aufgrund der anzustrebenden langen Nutzungsdauer von stationären dynamischen Signalisierungen sollte neben dem aktuellen Verkehrsaufkommen im Untersuchungsgebiet auch das mittelfristig prognostizierte beachtet werden.

Für die genannte Umlegung können kantonale bzw. regionale Verkehrsmodelle herangezogen werden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass diese Modelle eher statischer Natur sind. Sie bilden einen sich eingestellten bzw. mittel- bis langfristig einstellenden Zustand ab. Für die Planung von dynamischen Wegweisungen und Alternativroutenführungen mit kurzfristigem Zeithorizont wurden dynamische Umlegungsmodelle entwickelt.

Ebenso sind frühzeitig mögliche Übergangspunkte vom MIV zum ÖV zu analysieren und die realen betrieblichen Möglichkeiten von Verkehrsverlagerungen zu bestimmen.

7.2.2 Beurteilung der Routenverfügbarkeit

Bevor die verkehrs- und systemtechnische Planung von Ausrüstungen für dynamische Zielführungen beginnen kann, müssen die erforderlichen und tatsächlich auch geeigneten Routen ermittelt und beurteilt werden.

Bei der Beurteilung der Routenverfügbarkeit im Netz wird zwischen der planerischen und der betrieblichen Beurteilung unterschieden. Die planerische Beurteilung dient dazu, vorab die generelle Eignung von Routen festzustellen. Die betriebliche Beurteilung findet statt, wenn ereignisabhängig die Nutzung von Umleitungsstrecken oder Alternativrouten tatsächlich signalisiert werden soll. Hier wird zeitnah geprüft, ob das die aktuellen Strassen- und Verkehrsverhältnisse zulassen.

In [48] werden für die Beurteilung von HLS- Umleitungsrouten Kriterien aufgeführt. Sie sind grundsätzlich auch für Hauptverkehrsstrassen anwendbar. In der Abbildung 7.3 sind diese Kriterien mit ergänzenden, z. T. detaillierenden Hinweisen aufgeführt.

Abb. 7.3 Kriterien zur Beurteilung von Routen

Kriterien nach [48]	Hinweise zur Anwendung für HVS
Leistungsfähigkeit für die Aufnahme der zusätzlichen Verkehrsbelastung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Differenzieren nach Streckenabschnitten und Knotenpunkten ▪ Vorhandene Leistungsfähigkeit und Auslastung für relevante Zeitpunkte ermitteln (z. B. MSP, ASP, Tages-, Nachtverkehr), Potenzial zur Aufnahme zusätzlicher Verkehre feststellen ▪ Ereignisabhängige Quantifizierung der zusätzlichen Verkehrsbelastung (Einschränkung bis Blockade der Stammstrecke) ▪ Ermittlung der zu erwartenden Veränderung der Verkehrsqualität MIV und, soweit zutreffend, ÖV
Gefahrenpotenzial sowie zusätzlichen Immissionen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bebaute und unbebaute Gebiete, Anwohnerschutz (Verkehrssicherheit, Lärm- und Abgase), Naturschutz ▪ Unfallhäufungsstellen
Zweckmässigkeit (z.B. Fahrzeugkategorie, Gefahrgut)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Eignung für Schwerverkehr, Trennung der Verkehrsarten, Risikoabschätzung bei Havarien
Horizontale und vertikale Linienführung, Querschnitte, Knotenformen sowie Ausbauzustand	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Über- und Unterführungen, Brücken, Bahnübergänge ▪ Eignung für grosse bzw. lange Fahrzeuge ▪ Stauräume vor Knotenpunkten ▪ Übersichtlichkeit der Streckenführung ▪ Lichtsignalanlagen, Bahnsicherungsanlagen ▪ Tempolimit
Verkehrserfassungseinrichtungen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verkehrsabhängige LSA- Steuerung ▪ Verkehrsmessstellen ▪ Verkehrsbeobachtung

7.2.3 Ereignisbeurteilung

Als auslösende Ereignisse für Umleitungswegweisungen und Alternativroutenführungen können Verkehrsüberlastungen, Kapazitätsbeschränkungen oder Vollsperrungen von wichtigen Knotenpunkten, Streckenabschnitten oder Netzmaschen auftreten. Die möglichen Ursachen hierfür sind vielfältig und beschränken sich nicht allein auf verkehrsbedingte Störungen infolge von Staus und/ oder Unfällen.

Typische Ereignisfälle sind auch die geplante oder kurzfristig erforderliche Sperrung von Strassentunneln aufgrund von Instandhaltungsarbeiten oder Verkehrsüberlastungen und die witterungsbedingte Strassensperrung, z. B. bei Hochwasser oder starkem Schneefall. Ebenso kann es erforderlich sein, unter bestimmten klimatischen Bedingungen zum Schutz von Anwohnern Strassen für den Durchgangsverkehr zu sperren.

Für den Entscheidungsprozess, ob dynamische Zielführungen eine geeignete und dauerhaft anzuwendende Lösung der verkehrlichen Probleme im Zusammenhang mit dem jeweiligen Ereignis sind, müssen zuerst dessen Häufigkeit und Dauer ermittelt werden. Hierzu werden vor allem Daten aus der Verkehrsunfallanalyse und von Verkehrsbeobachtungen verwendet.

Bei der Analyse ist zu prüfen, ob das Ereignis unabhängig vom Verkehrsgeschehen an anderen Stellen im Netz auftritt. Besteht ein Zusammenhang mit weiteren Ereignissen im Untersuchungsgebiet, so sollte für alle ein übergreifender Lösungsansatz geprüft werden.

Für die Beurteilung der Ereignishäufigkeit kann sich folgende Abstufung als zweckmässig erweisen:

- Täglich mindestens einmal
- Mehrfach in der Woche, jedoch nicht täglich
- Mehrfach im Monat
- Mehrfach im Jahr
- Selten

In analoger Weise kann die Ereignisdauer abgestuft werden:

- Weniger als eine Stunde
- Mehr als eine, jedoch weniger als vier Stunden
- Mehr als vier Stunden, jedoch weniger als ein Tag
- Ein Tag
- Mehr als ein Tag

Mithilfe der in Abbildung 7.4 dargestellten Matrix kann eine erste Ereignisbeurteilung im Hinblick auf die Lösungsoption dynamische Wechselwegweisung erfolgen. Die eingefärbten Felder zeigen an, in welchen Fällen sie zweckmässig sein könnte.

Abb. 7.4 Ereignisdauer und Ereignishäufigkeit

Ereignishäufigkeit/ Ereignisdauer	< 1d	1d	> 4h, < 1d	> 1h, < 4h	< 1h
Täglich mindestens einmal					
Mehrfach in der Woche, aber nicht täglich					
Mehrfach im Monat					
Mehrfach im Jahr					
Selten					

Für die Beurteilung der verkehrlichen Wirkungen eines Ereignisses sind massgebend

- die direkt betroffenen Verkehrsströme
- mögliche netzweite bzw. netzübergreifende Wirkungen.

Bei den von einem Ereignis direkt betroffenen Verkehrsströmen handelt es sich um solche, die den Ereignisort passieren (wollen). Ihre quantitative Erfassung kann auf

Grundlage vorhandener Verkehrsdaten erfolgen. Diese müssen in einem realen Bezug zur Ereignislokalisierung und zum Ereigniszeitpunkt stehen.

Für die Beurteilung der verkehrlichen Wirkungen sollten verschiedene Szenarien gebildet werden, die sich hinsichtlich Ereigniszeitpunkt und Ereignisdauer unterscheiden. So haben z. B. Tunnelsperrungen bei Unfällen in den Spitzenstunden stärkere verkehrliche Auswirkungen als planmässige Instandhaltungsarbeiten in den Nachtstunden. Sie betreffen in der Regel weniger Fahrzeuge. Für eine erste überschlägliche Ermittlung können Durchschnittswerte der Verkehrsbelastung und der Ereignisdauer verwendet werden.

Als Kenngrössen zur Beurteilung der verkehrlichen Wirkungen sind zunächst die Verkehrsmengen zu ermitteln, z. B. Fahrzeuge pro Stunde (Fz/h). Aus diesen quantitativen Angaben werden Qualitätsaussagen abgeleitet bzw. berechnet, z. B. die sich ergebenden Qualitätsstufen (Level of Service, LOS). Diese Qualitätsstufen sind entweder direkt bestimmbar, wie der Verkehrsfluss des MIV oder die Fahrplaneinhaltung im ÖV, oder abzuleiten, wie Reisezeiten im MIV oder ÖV–Anschlussreichbarkeiten.

Die Charakterisierung der verkehrlichen Wirkungen eines Ereignisses mittels Veränderung des LOS (Δ LOS) kann in einer groben Einteilung mit den Kategorien gering, mittel, gross erfolgen (Abbildung 7.5). Geringe Wirkungen sind dann zu verzeichnen, wenn (fast) keine Veränderung in den Qualitätsstufen auftritt. Mittlere Wirkungen bedeuten ein bis zwei Stufen niedrigere Qualität, grosse Wirkungen mehr als zwei Stufen.

Netzbezogene Auswirkungen treten in anderen Abschnitten auf, die vom originären Ereignisort durch ein oder mehrere Entscheidungspunkte getrennt sind. Es kann sich um die gleiche Netzmasche oder um eine benachbarte handeln.

Die Beurteilung möglicher netzweiter bzw. netzübergreifender Wirkungen bezieht sich sowohl auf modale Wirkungen, z. B. Verlagerungen in das über- oder untergeordnete Strassennetz, als auch intermodale Wirkungen vornehmlich im öffentlichen Verkehr, aber auch im Langsamverkehr. Je nach Dauer der ereignisbezogenen Anzeige können diese Modal-Split-Wirkungen vernachlässigt werden oder erheblich sein.

Die Ermittlung netzweiter bzw. netzübergreifender Wirkungen kann empirisch beginnen. Aus Erfahrungen mit vergleichbaren Ereignissen werden grobe Abschätzungen des Auswirkungsbereiches und der betroffenen Verkehrsmengen im MIV, ÖV und ggf. Langsamverkehr vorgenommen. Genauere Ergebnisse sind jedoch mit grösserem Aufwand verbunden. Sie erfordern in der Regel eine Simulation, zumindest aber eine Anpassung des Verkehrsmodells.

Die Charakterisierung der verkehrlichen Wirkungen im Netz kann auch durch LOS-Veränderungen erfolgen. Dabei ist der Zeitversatz zwischen dem Ereigniseintritt und der netzbezogenen Wirkung zu berücksichtigen.

Zur Ereignisbewertung im Netz genügt meist jedoch eine grobe Einteilung danach, ob Ereigniswirkungen selten, häufiger oder regelmässig festzustellen sind (Abbildung 7.5).

Bei diesen Beurteilungen ist jedoch unbedingt der verkehrliche Ausgangszustand ohne Ereignis zu berücksichtigen. Wird bereits hier ein eher niedriges Qualitätsniveau konstatiert, so können auch geringe oder mittlere Wirkungen gemäss vorgängiger Definition zu erheblichen Problemen führen.

Abb. 7.5 Bewertung von verkehrlichen Ereigniswirkungen

Verkehrliche Wirkung	Bewertung		
	gering (Δ LOS < 1)	mittel ($1 \leq \Delta$ LOS ≤ 2)	gross ($2 < \Delta$ LOS)
am Ereignisort			
im Netz	selten	häufiger	regelmässig

Aus der Ereignisbeurteilung können für die Zweckmässigkeit von Umleitungswegweisungen oder Alternativroutenführungen folgende Schlussfolgerungen gezogen werden:

- Die Begründung für die Notwendigkeit einer dynamischen Zielführung anhand der verkehrlichen Wirkungen am Ereignisort ist relativ eindeutig. Je stärker die Wirkung, desto zweckmässiger ist eine solche Ausrüstung.
- Bei den netzbezogenen Auswirkungen ist zusätzlich zu prüfen, ob die dynamische Zielführung zu einer Verstärkung der Probleme an anderer Stelle führen würde. Trifft dies zu, gestaltet sich die Gesamtsituation diffus. Es muss entschieden werden, ob sich die Gesamtverkehrslage mit oder ohne aktive Verkehrsbeeinflussung verbessern lässt.
- Die Umleitungswegweisung ist eine stark auf bestimmte Ereignisse ausgerichtete Massnahme. Die Alternativroutenführung kann auch „ereignisunabhängig“ als permanentes Verkehrslenkungsinstrument bei wechselnden Verkehrsbelastungen eingesetzt werden. Sie muss jedoch auch auf planbare oder plötzlich aufgetretene Ereignisse reagieren können. Dazu gehören starker Veranstaltungsverkehr, Havarien, Unfälle oder anderen Verkehrsraumeinschränkungen.
- Kann durch die Alternativroutenführung eine „Qualitätssicherung“ in dem Sinne stattfinden, dass sich die erreichbaren Levels of Services auch bei hohen Verkehrsbelastungen tendenziell weniger mindern, so spricht das für ihre Anwendung.
- Daraus ergibt sich, dass eine möglichst genaue Ermittlung der erreichbaren LOS bei den im Netzabschnitt auftretenden unterschiedlichen Verkehrsbelastungen durchgeführt werden sollte. Als quantitative Vergleichskenngrössen eignen sich Reisezeiten und Durchschnittsgeschwindigkeiten. Der Vergleich selbst besteht zwischen den Ergebnissen im Referenzfall (keine Alternativroutenführung) und dem Fall, dass eine Alternativroutenführung eingesetzt wird.

7.2.4 Standortfestlegung im Netz

Für die Standortfestlegung der Ausrüstungen zur Zielführung müssen die ausgewählten Netzmaschen, Strassenabschnitte und Knotenpunkte dem städtischen, regionalen oder überregionalen Wegweisungssystem zugeordnet werden.

Die Standortfestlegung kann nur bedingt nach einem festen Schema ablaufen, vielmehr spielen die Kenntnisse und Erfahrungen der Planer eine entscheidende Rolle. Unbeschadet dessen lassen sich einige Regeln aufstellen:

- Zuerst ist der erste Entscheidungspunkt auszuwählen, an dem die dynamische Zielführung beginnen soll.

Entscheidungspunkte sind häufig Knotenpunkte im Hauptverkehrsstrassennetz, an denen die Verkehrsteilnehmenden ihre weitere Fahrtroute selbst oder mit Hilfe von Navigationsgeräten festlegen.

Bei der Aktivierung von Umleitungswegweisungen kommt es hier zu einer Änderung der Fahrtroute. Bei der Alternativroutenführung kann diese eintreten. Daraus ergibt sich, dass nur solche Knotenpunkte oder Anschlüsse als Entscheidungspunkte festgelegt werden, an denen die planerische Beurteilung der Verfügbarkeit von Umleitungsstrecken bzw. Alternativrouten positiv ausgefallen ist.

- In mehreren Projekten des integrierten Verkehrsmanagements von HVS und HLS sind Autobahnanschlüsse als Entscheidungspunkte festgelegt worden.

Die Festlegung von Autobahnanschlüssen als Start- bzw. Zielpunkt von dynamischen Zielführungen auf Hauptverkehrsstrassen eignet sich z. B. für die Lenkung von Verkehrsströmen zu Veranstaltungsorten wie Messen, Stadien, Stadt-, Einkaufs- oder touristischen Zentren. Beispiele sind das Parkraumwegweisungssystem Basel und das Verkehrsleitsystem Bern Wankdorf.

Dabei ist zu entscheiden, ob die Signalisierung bereits vor der HLS- Ausfahrt erfolgt oder am Sekundärknoten nach der Ausfahrt. Der erste Fall bedeutet, dass die Umleitung bzw. Alternativroute unter Einschluss mindestens eines weiteren HLS- Anschlusses geschieht.

- Für den gewählten Entscheidungspunkt wird geprüft, welche Ziele von hier aus mittels statischer Wegweisung signalisiert werden. Im Sinne der Kontinuitätsregel ist zu prüfen, ob das auf den vorgesehenen Umleitungs- bzw. Alternativrouten gewährleistet ist. Ein einmal angezeigtes Ziel muss durchgängig an jedem folgenden Entscheidungspunkt bis hin zu seinem Erreichen erscheinen.

In verkehrlich einfachen Fällen kann es ausreichend sein, die Ziele im weiteren Routenverlauf nur statisch anzuzeigen. Vor allem dann, wenn die Umleitungsstrecke bzw. Alternativroute in ihrem Verlauf auf andere Wegweisungen zum gleichen Ziel treffen.

Bei komplexeren verkehrlichen Situationen, z. B. an wichtigen städtischen oder regionalen Knotenpunkten mit hohem Verkehrsaufkommen und vielfachen Verkehrsbeziehungen, sind weitere dynamische Signalisierungen im Verlauf der Umleitungs-, Alternativroute zweckmässig.

Projekterfahrungen haben gezeigt, dass dabei alle Verkehrsbeziehungen an solchen Knotenpunkten zu betrachten sind. Das betrifft insbesondere die Übereinstimmung der Vorweg- und der Wegweisung für alle Zufahrten.

- Soll der erste Entscheidungspunkt in einem Abschnitt liegen, für den die Ziele bereits an vorgelegenen Stellen angezeigt sind, so muss zwingend eine Umleitungsrouten signalisiert werden können. Sind von diesem Entscheidungspunkt aus zeitweilige Einschränkungen der betrieblichen Verfügbarkeit zu erwarten, sollte ein neuer Startpunkt für die dynamische Zielführung gesucht werden.

Kann z. B. aus örtlichen Gründen für den Fall der Sperrung eines Tunnels am letzten vor dem Tunnel gelegenen Knotenpunkt keine Umleitungsstrecke mehr für die in der Wegweisung durch den Tunnel führenden Ziele signalisiert werden, so ist zu prüfen, ob das an vorgelegenen Knotenpunkten möglich ist. In jedem Fall muss sichergestellt werden, dass die Zielführung durchgängig erhalten bleibt, sofern das Ziel bereits vor dem letzten Knotenpunkt vor dem Tunnel angezeigt wird.

- Obwohl es bislang nur wenige bidirektionale Alternativroutenführungen im Hauptverkehrsstrassennetz gibt, sollte die Standortfestlegung neben den Startpunkten auch die Zielpunkte beinhalten, die in der Gegenrichtung zu Startpunkten werden können.
- Entscheidungspunkte sollten so gestaltet sein, dass die Veränderungen in der Zielführung problemlos bewältigt werden können, z. B. getrennte Fahrstreifen und Lichtsignalphasen. Das ist insbesondere dann notwendig, wenn Umleitungs- oder Alternativrouten für Fernziele signalisiert werden sollen, Nahziele sich jedoch nicht verändern.
- Generell ist eine Umleitungswegweisung nur dann sinnvoll, wenn Umleitungsrouten vorhanden sind und signalisiert werden können. Unter bestimmten Bedingungen kann es jedoch zweckmässig sein, diesen Grundsatz einzuschränken. Dazu zählt der Umstand, dass ein Ziel vorübergehend auch über eine andere Route nicht erreichbar wäre und deshalb nicht angezeigt wird. Das kann z. B. bei extremen Witterungsbedingungen auftreten oder wenn der Ort aus administrativen Gründen für Nichtanwohner gesperrt wird. Zu derartigen Einschränkungen sollten zusätzliche Informationen gegeben werden, z. B. durch dynamische Informationsanzeigen.
- Die Standortfestlegung trägt oft iterativen Charakter und es ist mitunter nötig, mehrere Varianten zu konzipieren und zu bewerten (evtl. Testperiode mit mobilen dynamischen Signalisierungen). Das betrifft Kriterien wie Akzeptanz, technischer Ausstattungsumfang und damit auch die Wirtschaftlichkeit. Das kann Anlass sein, auch die Zweckmässigkeit der vorhandenen statischen Wegweisung zu prüfen und ggf. anzupassen.

Die Standortfestlegung für dynamische Parkleitsysteme ist stärker strukturiert und ergibt sich im Wesentlichen aus der örtlichen Lage der eingebundenen Parkieranlagen und den planerisch verfügbaren Routen dorthin.

Nach [27] wird bei der Signalisation der Fahrtrouten zwischen dem Ringkonzept und dem Zonenkonzept unterschieden. Beim Ringkonzept werden die Fahrzeuglenker von einem Ring (Rundkurs) zu den einzelnen Parkieranlagen geleitet. In einfachen Fällen reduziert sich der Ring auf eine Achse. Beim Zonenkonzept wird das Gebiet in verschiedene Zonen eingeteilt, in denen sich mehrere Parkieranlagen befinden, siehe Beispiele Basel und Zürich in Kapitel 3. Die Zielführung erfolgt zunächst zu den einzelnen Zonen. Innerhalb dieser Zonen wird dann zu den jeweiligen Parkieranlagen informiert.

Für die Festlegung der Start- und Zwischenpunkte von Parkleitsystemen gelten in der Regel die gleichen Bedingungen wie für Alternativroutenführungen. In grösseren Gebieten, z. B. in Zürich und Lugano, beginnt die Zielführung an den Aussenpunkten mit statischen Signalen und erst innerhalb der Zonen werden die Angaben dynamisiert.

Dynamische Parkleitsysteme stellen die aktuelle Belegung der Parkplätze in einem definierten Gebiet fest und lenken bzw. leiten die Parkplatzsuchenden zu freien Parkfeldern. Die Startpunkte befinden sich an ausgewählten verkehrsrelevanten Stellen im Strassenetz, die Routenführung zu den Zielpunkten ist festgelegt.

In einigen Projekten, z. B. VAMOS in Dresden, werden die verschiedenen dynamischen Zielführungssysteme optimiert. Überlagern sich Streckenabschnitte der Umleitungswegweisung bzw. Alternativroutenführung mit solchen des Parkleitsystems, so ist es im wörtlichen Sinne „zielführend“, die Entscheidungspunkte aufeinander abzustimmen. Dadurch ist es möglich, beim Auftreten von Ereignissen alle betroffenen Verkehre nach gleichen Vorgaben und damit ohne Widersprüche zu lenken [19].

7.2.5 Wirkungsabschätzung

Die Wirkungsabschätzung dient der konkreten Beurteilung von Zweckmässigkeitskriterien, wie sie im Abschnitt 5.3.4 beschrieben wurden. Aus der Abbildung 5.4 ergibt sich, dass für dynamische Zielführungen vor allem Kenngrössen der Kriterien Verkehrsablauf, Wirtschaftlichkeit und Umweltschutz zu bewerten sind. Zur besseren Übersichtlichkeit wird nachstehend ein Ausschnitt gezeigt (Abbildung 7.6).

Abb. 7.6 Kriterien für Wirkungsabschätzungen von Zielführungen

Kriterien/ Kenngrössen Einsatzart	Verkehrsablauf			Wirtschaftlichkeit		Umweltschutz	
	Situationsgerechte Signalisierung	Stabilisierung Verkehrsfluss	Optimierung Netzauslastung	Zeitkostenoptimierung	Fahrzeugbetriebskostenoptimierung	Reduzierung Emissionen	Reduzierung Energieverbrauch
Umleitungswegweisung	■		□	□	□	■	■
Alternativroutenführung	■	■	■	■	□	■	■
Parkleitsysteme	■	□	■	■	■	■	■

Für die Wirkungsabschätzung erfolgt zunächst eine qualitative Beschreibung der durch dynamische Zielführungen erreichbaren Effekte gegenüber dem Referenzfall, Das sind die statische Signalisierung und fallweise die manuelle Intervention sowie Verkehrsfunkmeldung.

Die qualitative Beschreibung reicht im Allgemeinen jedoch nicht, um verkehrspolitische Entschlüsse und Investitionsentscheidungen zu treffen. Hierzu bedarf es quantitativer Vergleiche zwischen einem dem Referenzfall entsprechenden Ist- Zustand und dem mit dynamischer Signalisierung angestrebten Soll- Zustand.

Die Ermittlung von Kenngrössenwerten für den Ist- Zustand ist auf der Grundlage vorhandener oder zu diesem Zwecke zu erfassender Daten möglich. Für den Soll- Zustand wird ein anderes Vorgehen benötigt.

Im günstigen Falle liegen Vergleichsdaten bereits realisierter Anwendungen vor. Diese sind unter Beachtung der jeweiligen Verhältnisse übertragbar. Kann auf derartige Datengrundlagen nicht zugegriffen werden, wären Annahmen zu treffen, wie sich die einzelnen Kenngrössen entwickeln. Oftmals reicht es aber nicht aus, nur eine Annahme zu treffen. Sondern es ist angebracht, verschiedene Szenarien zu entwickeln und durchzurechnen.

Die in der Abbildung 7.6 genannten Kenngrössen werden nun im Einzelnen dargestellt.

- Situationsgerechte Signalisierung des Verkehrsablaufs

Die dynamische Zielführung berücksichtigt gegenüber der statischen Signalisierung die tatsächliche Verkehrslage auf den Stamm-, Umleitungs- bzw. Alternativrouten zum jeweiligen Zeitpunkt. Grundlage ist der verkehrsplanerisch/-technisch definierte Regelablauf mit ungehindertem Verkehrsfluss. Jedoch passt sich die Zielführung (halb-)automatisch verändernden Bedingungen an.

Gegenüber der manuellen und punktuellen Intervention durch die Polizei, z. B. im Falle von Streckensperrungen, ergeben sich zwei Vorteile. Es reduziert sich die Reaktionszeit und durch die netz(abschnitts-)weise Signalisierung wird bereits vor den kritischen Abschnitten gehandelt.

Dynamische Zielführungen erlauben es, für die Verkehrsbeeinflussung den Handlungsgrundsatz „von innen nach aussen“ anzuwenden. Darunter versteht man, neben der Anpassung der Signalisation im direkten Ereignisumfeld weitere zufließende Verkehrsströme möglichst frühzeitig an weiter entfernt gelegenen Entscheidungspunkten umzulenken.

Im Referenzfall Verkehrsfunkmeldung tritt ein längerer Zeitbedarf zwischen der Erfassung eines kritischen Verkehrszustandes und der Verkehrsinformation auf. Dieser kann durch die dynamische Zielführung deutlich verringert werden. Zudem erfolgt die mit der Umleitungswegweisung bzw. Alternativroutenführung gegebene Verkehrsinformation zielgerichtet in den Bereichen, die von Ereignissen über kurz oder lang besonders betroffen sind. Das erhöht in der Regel die Akzeptanz von verkehrslenkenden Massnahmen.

Die situationsgerechte Signalisierung trägt zur Erhöhung der Verkehrssicherheit bei. Die Aufnahme von direkten Informationen über verkehrslenkende Massnahmen führt oftmals zu einer grösseren Aufmerksamkeit gegenüber dem verkehrlichen Umfeld. Dies kann Unfallrisiken senken.

Für die quantitative Bewertung eignen sich folgende Kenngrössen:

- Durchschnittliche Reaktionszeiten zwischen der Ereignisfeststellung und dem Beginn der polizeilichen Intervention sowie der Verkehrsfunkmeldung im Vergleich mit dem Zeitintervall für die Aktivierung der (halb-)automatisierte dynamische Zielführung.
- Durchschnittliche Zeitdauer zwischen der Wiederherstellung des Regelablaufs und der Aufhebung bzw. Ungültigmachung der Verkehrsfunkmeldung im Vergleich zur benötigten Zeit für die Rückkehr zur „Regelablaufsignalisation“.

- Verkehrsstromaufteilung im Referenzfall (Auftreten des Ereignisses, Verkehrsinformation und ggf. polizeilicher Intervention) und bei dynamischer Zielführung (Erwartungswerte geschätzt für verschiedene Umlegungsanteile oder Simulation).
- Stabilisierung des Verkehrsflusses

Alternativroutenführungen und partiell auch Parkleitsysteme unterstützen die Stabilisierung des Verkehrsflusses in kritischen (Netz-)Abschnitten. Dort wird das Verkehrsaufkommen durch Umlenkung von Verkehrsstromanteilen auf weniger belastete Abschnitte oder durch die Minimierung des Parksuchverkehrs reduziert. Dadurch kann die Wirksamkeit der anderen Signalisationsmassnahmen wie Geschwindigkeitslimite und Überholverbote erhöht werden.

Für die quantitative Bewertung eignen sich folgende Kenngrössen:

- Verkehrsstromaufteilung und Auslastungsgrade im Ist- Zustand bei Auftreten des Ereignisses (basierend auf Verkehrsinformation und ggf. polizeilicher Intervention) und bei dynamischer Zielführung (Erwartungswerte geschätzt für verschiedene Umlegungsanteile oder Simulation).
- Geschwindigkeits- Dichte- Bemessung für kritische Abschnitte im Vergleich zwischen Referenzfall und Einsatz der dynamischen Signalisierung.
- Optimierung der Netzauslastung

Dynamische Zielführungen tragen zur gleichmässigeren Auslastung des Hauptverkehrsstrassennetzes bei und helfen durch klare Routenangaben, Ausweichverkehre in Nebenstrassen zu verringern. Diese Effekte treten besonders bei Transitverkehren und beim Zielverkehr ortsunkundiger Verkehrsteilnehmender auf.

Einschränkend ist jedoch festzustellen, dass es sich hier zunächst um das Systemoptimum handelt. Das entspricht nicht zwangsläufig dem individuellen Nutzeroptimum. Dieses korrespondiert stärker mit den nachstehend beschriebenen Kenngrössen Zeit- und Betriebskostenoptimierung.

Die Divergenz zwischen dem System- und dem Nutzeroptimum in Bezug auf die Netzauslastung ist bei Umleitungswegweisungen, wo die Stammstrecke nicht zur Verfügung steht, geringer als bei Alternativroutenführungen mit Wahlmöglichkeiten.

Für die quantitative Bewertung eignen sich folgende Kenngrössen:

- Verkehrsstromaufteilung und Auslastungsgrade im Ist- Zustand bei Auftreten des Ereignisses (basierend auf Verkehrsinformation und ggf. polizeilicher Intervention) und bei dynamischer Zielführung (Erwartungswerte geschätzt für verschiedene Umlegungsanteile oder Simulation).
- Jährlicher Stautundenvergleich (aufbereitete historische Daten, Erwartungswerte geschätzt für verschiedene Umlegungsanteile oder Vergleichdaten von andernorts) für ausgewählte Streckenabschnitte und/oder Knotenpunkte.
- Pünktlichkeitsgrad strassengebundener öffentlicher Verkehrsmittel
- Zeitkostenoptimierung

Die Grundlagen für die Zeitkostenoptimierung sind die Reisezeiten und Zeitkostensätze. Bei der Beurteilung der Effekte von dynamischen Signalisierungen sollte zwischen absoluten und relativen Reisezeiteinsparungen unterschieden werden. Erstere treten z. B. durch Wegfall von Parksuchverkehr auf. Relative Einsparungen bedeuten einen geringeren Anstieg von Reisezeiterhöhungen infolge Stau oder Sperrungen.

Bei Umleitungswegweisungen mit gesperrter Stammstrecke können für die betroffenen Verkehrsteilnehmenden relative Reisezeiteinsparungen dadurch eintreten, dass die Um-

leitungsstrecke signalisiert ist und sie die verfügbaren Strecken nicht selbst suchen müssen.

Für Alternativroutenführungen stellt sich die Zeitkostenoptimierung komplexer dar. Sie ist unter Beachtung der Verhältnisse auf der Stamm- und Alternativroute zu ermitteln. Sie hängt im Wesentlichen von den Faktoren Streckenlänge, Befolungsgrad der Alternativroutenempfehlung und damit der Routenauslastung sowie den durchschnittlichen Reisegeschwindigkeiten ab.

Beispiel:

Eine (Stamm-)Route A ist 8 km lang, ihr Befahren dauert bei einer durchschnittlichen Reisegeschwindigkeit, unter Einschluss von Halten an LSA, von 60 km/h acht Minuten.

Die Alternativroute B ist 12 km lang und bei gleicher durchschnittlicher Reisegeschwindigkeit von 60 km/h werden dafür zwölf Minuten benötigt.

Tritt wegen Verkehrsüberlastung oder Verkehrsraumeinschränkung auf Route A ein längerer Stau auf, der zu einer Abminderung der durchschnittlichen Reisegeschwindigkeit auf 20 km/h führt, so dauert die Fahrt auf dieser Strecke 24 Minuten.

Wird nun eine dynamische Routenempfehlung für die Alternativroute B signalisiert und reduziert sich dort wegen des sich erhöhenden Verkehrsaufkommens die durchschnittliche Reisegeschwindigkeit um 20% auf 48 km/h, so ergibt sich eine Reisezeit von 15 Minuten. Der relative Zeitvorteil beträgt 9 Minuten.

Zu berücksichtigen wären mögliche positive Effekte im Hinblick auf zusätzliche Reisezeiteinsparung auf der Route A, die dadurch entstehen können, dass dort infolge Alternativroutenempfehlung zu Route B eine geringere Verkehrsmenge auftritt und sich die durchschnittliche Reisegeschwindigkeit schneller wieder erhöht.

Für die quantitative Bewertung eignen sich folgende Kenngrößen:

- Reisezeitvergleiche
- Akzeptanzgrad von Alternativroutenempfehlungen in Abhängigkeit vom Umwegfaktor. Diese Kenngrösse erfordert umfangreichere Analysen des Ist- Zustands (z. B. netzabschnittsweise Verkehrsbeobachtungen) und eignet sich besonders für die Variantenuntersuchung von möglichen Entscheidungspunkten als Start und Ziel von dynamischen Zielführungen [10]. Die Akzeptanz alternative Routen zu befahren hängt zum einen davon ab, welchen Anteil der Mehrweg am Gesamtreiseweg hat, zum anderen wie er sich zur Länge der Stammstrecke verhält (Umwegfaktor).
- Fahrzeugbetriebskostenoptimierung

Die Grundlagen für die Fahrzeugbetriebskostenoptimierung im Zusammenhang mit Zielführungen sind die Reiseweglängen und die Kostensätze für verbrauchsabhängige Mittel wie Kraftstoffe. Bei der Beurteilung von Effekten der dynamischen Signalisierung sind weitere Faktoren zu berücksichtigen. Dazu zählen u. a. der fahrzeugtypbezogene Verbrauch bei unterschiedlichen Geschwindigkeiten und die Zusammensetzung der Verkehrsströme nach Fahrzeugarten zu beachten.

Bei Parkleitsystemen kommt es zu einer absoluten Verringerung der verbrauchsabhängigen Fahrzeugbetriebskosten durch die Reduzierung des Parksuchverkehrs. Bei Umleitungswegweisungen und Alternativroutenführungen dürften absolute Reduzierungen eher nicht der Fall sein. Sonst müsste man davon ausgehen, dass die kürzeren Wege ständig und nicht nur bei der ereignisbezogenen Signalisation genutzt würden. Relative Fahrzeugbetriebskostensenkungen können eintreten, wenn der Kraftstoffverbrauch trotz Mehrkilometer geringer ist als beim Durchfahren der Stammstrecke mit sehr geringer Geschwindigkeit (Stop and go).

Für die Wirkungsabschätzung von dynamischen Zielführungen sollte dieses Unterkriterium nur ergänzend beurteilt werden. Auf die Angabe von Vergleichskenngrössen wird daher verzichtet.

- Reduzierung Emissionen

Verkehrliche und andere Ereignisse mit spürbaren Auswirkungen auf den Verkehrsablauf führen in der Regel zu höheren Luftschadstoff- und Lärmbelastungen für andere Verkehrsteilnehmende und Dritte. Neben diesen lokalisierbaren Emissionen werden generelle Klimabelastungen durch erhöhten CO₂- Ausstoss hervorgerufen. Mittels dynamischen Zielführungen sollen der Verkehrsablauf verbessert und damit auch Emissionen reduziert werden. Letztlich führt eine Wegeoptimierung unter Einschluss von Emissionslimiten flächenhaft zu einer Verbesserung der ökologischen Situation.

Praktische Anwendung findet das bereits in temporären Strassensperrungen in Abhängigkeit von der aktuellen Feinstaubbelastung oder durch die Einrichtung von Umweltzonen mit Fahrverboten für bestimmte Fahrzeuge.

Im Zuge des Ausbaus von Messstationen für Umweltdaten ist es möglich, diese Effekte quantitativ zu erfassen und zu vergleichen. Dabei sind mögliche Mehrbelastungen im geplanten räumlichen Verkehrsverlagerungsbereich (Umleitungs-, Alternativrouten) zu berücksichtigen.

Sind für die vorgesehenen Stamm-, Umleitungs- bzw. Alternativrouten noch keine Ist-Emissionsdaten verfügbar, so sollten Erfahrungswerte aus vergleichbaren Umgebungsbedingungen herangezogen werden. Das wird in der Regel auch für den Soll- Zustand erforderlich sein, sofern nicht Simulationsmodelle eingesetzt werden können.

Für die quantitative Bewertung eignen sich folgende Kenngrössen:

- Lärmbelastungen in kritischen (Netz-)Abschnitten sowie im geplanten räumlichen Verkehrsverlagerungsbereich, Vorher- Nachher- Vergleich
- Luftschadstoffausstoss in kritischen (Netz-)Abschnitten sowie im geplanten räumlichen Verkehrsverlagerungsbereich, Vorher- Nachher- Vergleich

- Reduzierung Energieverbrauch

Neben dem, vor allem für die Verkehrsteilnehmenden relevanten Unterkriterium Fahrzeugbetriebskostenoptimierung kann durch dynamische Zielführungen eine volkswirtschaftlich zu beurteilende Reduzierung des Energieverbrauchs erreicht werden. Diese stellt sich als Summe der Einsparungen z. B. von Kraftstoff, über einen längeren Zeitraum dar. Am offensichtlichsten wird das beim Einsatz eines Parkleitsystems und der damit verbundenen Reduzierung des Parksuchverkehrs. Ebenso kann die Optimierung der Netzauslastung in Summe zu Energieeinsparungen führen. Solche Effekte entstehen beim öffentlichen Verkehr, wenn durch mögliche höhere Reisegeschwindigkeiten das Fahrtenangebot mit weniger Fahrzeugen realisierbar ist.

Realistischerweise sollte die quantitative Bewertung von Energieverbrauchreduzierungen nicht auf die zu planende dynamische Zielführung beschränkt sein. Sie sollte im Gesamtkontext aller Verkehrsmanagementmassnahmen erfolgen.

Beachtet werden muss ein höherer Energieverbrauch, der durch den Betrieb der Ausrüstungen für die dynamische Zielführung entsteht.

7.3 Technische und betriebliche Umsetzung

Die technische und betriebliche Umsetzung von dynamischen Zielführungen findet auf der Feld- und Steuerungsebene sowie auf der Prozessleitebene statt.

Zusätzliche Funktionen werden auf der Betriebsleitebene realisiert. Das ist insbesondere der Fall, wenn die Umleitungswegweisung bzw. Alternativroutenführung in übergeordnete Verkehrsmanagementprozesse eingebunden ist (Abbildung 7.7).

Auf der Feldebene finden im Wesentlichen die Datenerfassung und die Signalisierung statt. Die Datenerfassung bezieht sich vor allem auf Kenngrößen des Verkehrsablaufs zur Verkehrslageerfassung auf der Stammroute und zur Prüfung der betrieblichen Routenverfügbarkeit im Ereignisfall. Die Steuerungsfunktion wird auf der Zentralen- und wenn vorhanden auf der Verkehrsmanagementebene vorbereitet, ausgeführt und überwacht. Die elektromechanische Ausführung übernimmt die lokale Unterstation.

Vom technischen Standpunkt aus gesehen, lassen sich die Funktionen vollständig automatisieren. Der gesamte Prozess vom Feststellen eines Ereignisses über die Auswahl, Prüfung und Realisierung der Massnahmen bis hin zur Rückkehr in den Grundbetriebszustand kann mittels Hard- und Softwarelösungen „closed loop“ ablaufen, d. h. ohne manuelle Eingriffe. Bei Parkleitsystemen wird die Zahl der freien Parkstände permanent automatisch überprüft und die Zielanzeigen nach festgelegten Algorithmen aktualisiert.

Abb. 7.7 Funktionale Ebenen für dynamische Zielführungen

		Umleitungswegweisung	Alternativroutenführung	Parkleitsysteme
Ebene	Funktionen			
Betriebsleitebene	Datenfusion und Verkehrslageerfassung, Monitoring Verkehrsablauf	■	■	□
	Ereignisfeststellung	■	■	
	Massnahmenauswahl	■	■	
	Systemabgleich	■	■	
	Massnahmenumsetzung	■	■	
Prozessleitebene	Datenaufbereitung	■	■	■
	Datenabgleich	■	■	■
	Makrosteuerung	■	■	■
	Überwachung Feld- und Steuerebene	■	■	■
Steuerebene	Datenaufbereitung	□	□	■
	Mikrosteuerung			■
Feldebene	(Verkehrs-) Datenerfassung	■ □	■ □	■
	Signalisierung	■	■	■
Legende: ■ trifft zu □ trifft teilweise zu				

Praktische Erfahrungen zeigen jedoch, dass es eine Reihe von Faktoren gibt, die auch bei modernen Systemen für die Umleitungswegweisung und Alternativroutenführung zumindest einen „open loop“- Ablauf als zweckmässig erscheinen lassen. Darunter versteht man die manuelle Bestätigung rechnergestützt empfohlener Handlungen.

- Der Eintritt eines Ereignisses, bei dem sich die Betriebszustände der Anzeigen ändern sollen, z. B. bei Verkehrsüberlastungen oder bei Unfällen im Tunnel, sollte durch zusätzliche Mittel validiert werden. Hierzu werden in sensiblen Bereichen u. a. Videokameras eingesetzt.

- In den meisten Fällen sind Systemabgleiche erforderlich. Bevor eine Umleitungsweisung aktiviert werden kann, müssen die Signalprogramme von Lichtsignalanlagen auf der Umleitungsroute angepasst werden. Ebenso kann eine Abstimmung mit der Polizei oder mit den Leitstellen der öffentlichen Verkehrsunternehmungen notwendig sein.
- Je nach Ausstattungsgrad mit Detektoren und der Güte der eingesetzten Software für die Verkehrsdatenerfassung ist eine zusätzliche Prüfung der Verkehrslage auf den Umleitungsstrecken notwendig, bevor Verkehre dorthin gelenkt werden.
- Die tatsächlichen verkehrlichen Wirkungen, insbesondere an den Übergangsstellen von der Stammroute auf die Umleitungsroute und auf dieser selbst, sollten überwacht werden. Bei Ereigniseskalationen, z. B. Verkehrszusammenbrüchen, ist der Situation angemessen zu reagieren. Das lässt sich kaum vollständig automatisieren.
- Die temporäre Nichtverfügbarkeit von Umleitungs- oder Alternativrouten, z. B. infolge von Baustellen, wird mitunter nicht zeitgerecht in das System eingepflegt. Deshalb werden in solchen Fällen zusätzliche Hinweise an die Bediener gegeben. Sie müssen diese bei ihren Handlungen berücksichtigen.

Für die technische und betriebliche Umsetzung „echter“ Alternativroutenführungen auf Hauptverkehrsstrassen liegen bislang wenig verwertbare Erfahrungen vor. Jedoch sind Erkenntnisse aus vergleichbaren Anwendungen auf Hochleistungsstrassen und aus HVS- Pilotprojekten von Bedeutung:

- Es bedarf einer vollständigen Online- Verkehrslageerfassung auf allen Routen und damit einer umfänglichen Ausstattung mit Messstellen.
- Die Routen sollten in Segmente eingeteilt werden, die von Entscheidungspunkten begrenzt werden. Damit wird eine höhere Aussagekraft über die Verkehrsqualität erreicht. Diese muss in der Regel nicht über den gesamten Routenverlauf gleich sein. Bei Ausfall eines Segments kann ggf. die Alternativroute partiell genutzt werden.
- Der notwendige Ausstattungsgrad auf der Feldebene steht in engem Zusammenhang mit der in Abschnitt 7.2.3 beschriebenen Standortfestlegung im Netz.

Die technische Umsetzung von Parkleitsystemen wird in [60] beschrieben und in der Abbildung 7.8 gezeigt.

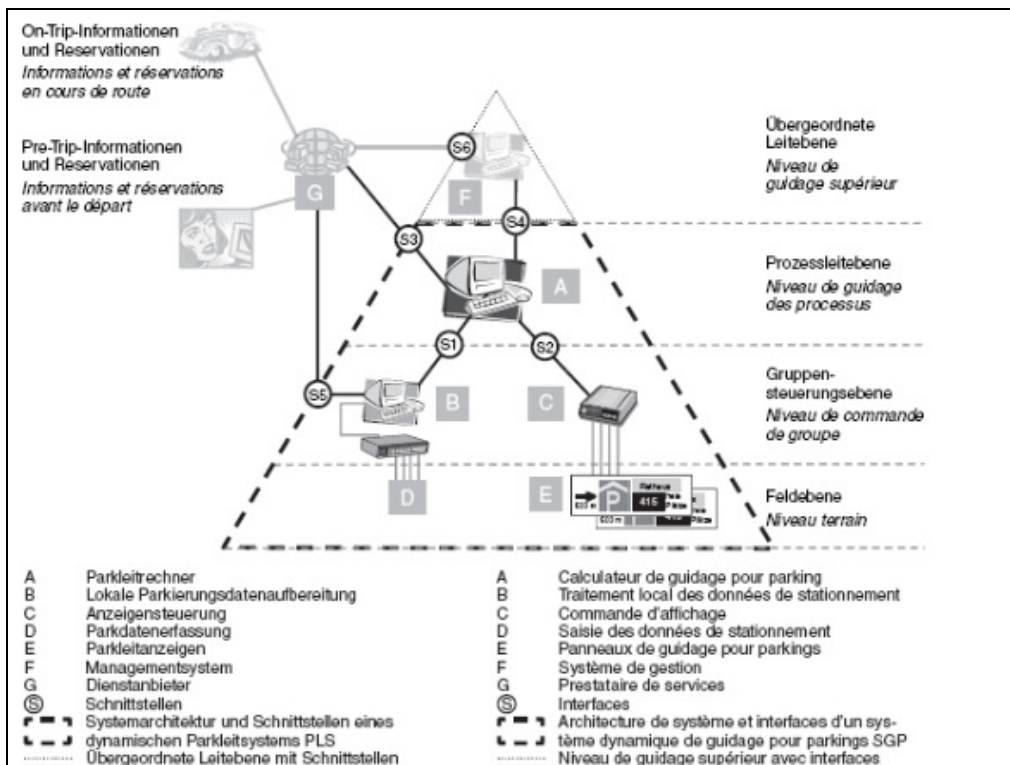


Abb. 7.8 Struktur dynamisches Parkleitsystem [60]

Vorhandene oder geplante Parkleitsysteme sollten auf die Wegweisung bzw. Alternativroutenführung abgestimmt sein. Werden die Ziele des Parkleitsystems über eine Stammstrecke der Wegweisung geführt, so muss bei deren Nichtverfügbarkeit eine geänderte oder keine Anzeige erscheinen. In analoger Weise gilt das für Parkziele, die in einem Alternativroutennetz erreichbar sind.

Die systemtechnischen Anforderungen an eine solche Integration sind sehr hoch und sollten auf der Zentralenebene realisiert und auf der VM- Ebene überwacht werden.

7.4 Gestaltung von Zielführungsanzeigen

Für die Anzeige von Umleitungswegweisungen auf Hauptverkehrsstrassen werden im Allgemeinen Prismenwechselwegweiser eingesetzt. Dabei erfolgt die Substitution eines Ziels nicht in jedem Fall durch rote, gekreuzte Querbalken entsprechend [48], sondern auch durch Prismenwechsel zu einer Leeranzeige. Die additive Wegweisung erscheint dann ebenfalls durch Prismenwechsel, ggf. auf orange Grund als Umleitung kenntlich gemacht.

In einfachen Fällen, d. h. bei gut überschaubaren Strassennetzen kann ein ergänzender Zusatz „via...“ die Verkehrsteilnehmenden auf die nachfolgende statische Wegweisung zum Fernziel orientieren. Dabei wird eine gewisse Ortskenntnis bei den Verkehrsteilnehmenden vorausgesetzt. Für ortsunkundige Strassenbenützer können jedoch Unsicherheiten in Bezug auf den Verlauf der Umleitungsrouten auftreten.

Je nachdem, welcher Abschnitt der Stammroute nicht befahrbar ist, werden die Fernzielanzeigen geändert. Noch erreichbare Ziele werden nicht substituiert.

Die Zielangaben auf den Wegweisern müssen mit denjenigen auf Vorwegweisern, Fahrstreifen- und Einspurtafeln übereinstimmen. Vorwegweiser stehen ausserorts 150 bis 250 m, innerorts 20 bis 100 m vor der Verzweigung; Vorwegweiser mit Fahrstreifenaufteilung spätestens beim Beginn der Einspurstrecke [51].

Diese Vorgaben können bei dynamischen Umleitungswegweisungen oftmals nur mit hohem technischen und damit wirtschaftlichem Einsatz umgesetzt werden. Grundsätzlich müssen sowohl die Vorwegweiser als auch die Wegweiser als dynamische Signale realisiert werden.

Die Signalisierung von Alternativroutenführungen stellt höhere Ansprüche an die Gestaltung der Anzeigen. Hierfür liegen in der Schweiz die Hauptverkehrsstrassen betreffend noch keine praktischen Erfahrungen vor.

Deshalb ist zu fragen, ob HLS bezogene Anwendungen vorliegen, die übertragbar wären.

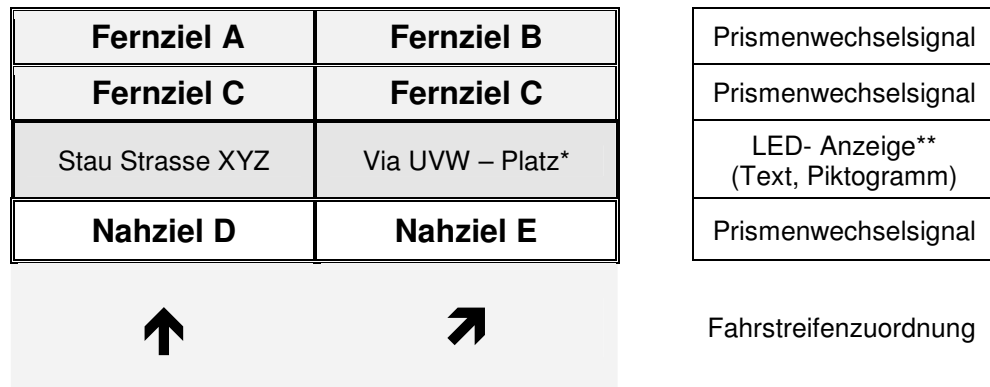
Aktuell wird vom ASTRA eine Richtlinie „Dynamische Wegweisung (DWW), Grundsätze zur Gestaltung und Anordnung“ erarbeitet [66]. Die Richtlinie soll für die Planung, die Realisierung und den Betrieb dynamischer Wegweisungen auf den Nationalstrassen gelten. Einbezogen sind die angrenzenden untergeordneten Strassen die für das Verkehrsmanagement auf den Nationalstrassen von Bedeutung sind.

Eine Übertragung der HLS- Vorgaben auf Hauptverkehrsstrassen ist jedoch nur sehr eingeschränkt möglich. Das resultiert erstens aus der Tatsache, dass überwiegend nicht zwei und mehr Fahrstreifen je Richtung zur Verfügung stehen. Eine parallele Anordnung von substitutiver und additiver Wegweisung ist kaum möglich. Zweitens kann je nach den örtlichen Bedingungen die Zahl der anzuzeigenden Fernziele auf HVS höher sein als auf HLS. Zudem sind Alternativroutenführungen in diesem Richtlinienentwurf nicht enthalten.

Bei Alternativroutenführungen muss es möglich sein, gleichzeitig dasselbe Fernziel für mehr als eine Fahrtrichtung anzuzeigen. Das kann für Ortsunkundige schwer verständlich sein. Deshalb sollten zusätzliche dynamische Informationsanzeigen den Grund nennen, z. B. unterschiedliche Reisezeiten aufgrund der aktuellen Verkehrslage.

Eine geeignete Lösung zur Signalisierung von Alternativroutenführungen schafft die Kombination von Prismenwechselwegweisern mit integrierter LED- Informationsanzeige, wie sie für das VLS Bern Wankdorf realisiert wurde. Eine schematische Darstellung zeigt der Vorschlag in Abbildung 7.9.

In der Abbildung 7.9 wird aufgrund eines Staus eine Alternativroutenführung für das Fernziel C signalisiert (Betriebszustand 1). Es wird empfohlen, schräg rechts über den UVW-Platz zu fahren. Die Stammroute bleibt offen. Im Grundzustand (Betriebszustand 0) wird nur die Geradeausfahrt über die Strasse XYZ als Stammroute angezeigt.



* Optionale Anzeige

** auch als Prismenwechselsignal möglich

Abb. 7.9 Gestaltungsvorschlag Alternativroutensignalisierung

Bei Dreikantprismenwechselsignalen ist es auch möglich, die beiden anderen Fernzeile A oder B in gleicher Weise zu behandeln, wenn es die Routenverfügbarkeit zulässt. Mit Vierkantprismen können noch Leerfelder angezeigt werden, was für die Umleitungswegweisung geeignet ist.

Die Anzeige der Nahziele D und E kann über Prismenwechselsignale erfolgen. Das liesse sich in Abhängigkeit von den örtlichen Bedingungen auch statisch realisieren (wenn so gut wie niemals Wechsel zu erwarten sind).

Die Zielführungsanzeigen werden entsprechend der örtlichen Bedingungen in Seitenaufstellung oder über den Fahrbahnen montiert.

Die Grösse der Anzeigetafeln, Schriften und Piktogramme hängt von den zulässigen Höchstgeschwindigkeiten und den Sichtbedingungen ab. Darauf wird im Abschnitt 8.4.näher eingegangen.

Eine Alternative zum Gestaltungsvorschlag in Abbildung 7.9 besteht in der Kombination von „herkömmlichen“ Prismenwechselsignalen mit ergänzenden dynamischen Informationsanzeigen. Diese werden im Abschnitt 8.2.1 erläutert.

Ein nicht zu vernachlässigender Aspekt ist die notwendige Übereinstimmung der Signalanzeigen mit weiteren Strassenausstattungen, z. B. Markierungen.

Zur Unterstützung der Strassenbenützer werden teilweise vor Verzweigungen oder in Strassenabschnitten, auf denen mehrerer Fernstrassen gebündelt verlaufen, deren jeweiligen Nummern auf die zugehörigen Fahrstreifen markiert. Im Falle der dynamischen Signalisierung kann das zu Widersprüchen führen. Es ist abzuwägen, ob auf diese Strassenmarkierung verzichtet werden kann. Bei überwiegend hohen und starken überregionalem Verkehrsaufkommen sollten zusätzlich dynamische Fahrstreifensignale mit Zielangaben eingerichtet werden.

Die in Deutschland entwickelten Dynamischen Wechselwegweiser mit integrierter Stauinformation (dWiSta) integrieren alle Informationen in einen Wegweiser.

8 Dynamische Informationsanzeigen

8.1 Ausgangslage und Strukturierungsansatz

National und international hat sich eine grosse und bislang wenig strukturierte Vielfalt an Inhalten und Formen von strassenseitigen Informationsanzeigen entwickelt.

Die Informationen umfassen die Art des Ereignisses, seine räumliche und zeitliche Extension sowie Verhaltensempfehlungen. In der Praxis wurden u. a. folgende Lösungen realisiert:

- Lokale Hinweise auf Gefahrenstellen
- Stauinformationen mit Reisezeitangaben für Routen
- Umweltbedingte Verkehrsraumeinschränkungen
- Geplante Verkehrseinschränkungen aufgrund von Grossveranstaltungen
- Temporäre Leitsysteme zu Sonderparkplätzen (z. B. an Messestandorten, Stadien)

Damit können oft umfänglichere Informationen an die Verkehrsteilnehmenden übermittelt werden als dies mit anderen Zielführungsausrüstungen oder streckenbezogenen Signalisierungen der Fall ist. Das trägt, zumindest partiell, zu höherer Akzeptanz von kollektiven Verkehrsbeeinflussungssystemen bei und stärkt diese im „Wettbewerb“ mit individuellen Systemen.

Zugleich ist die Tendenz erkennbar, dass dynamische Informationsanzeigen zum Teil in Signalisierungsvorschriften festgelegte Funktionen übernehmen. Diese sollten eigentlich durch streckenbezogene Signalisierungen oder Zielführungen ausgeführt werden. Dieser Aspekt wird bei den weiteren Untersuchungen im Blick behalten.

Für die mögliche Strukturierung von Informationsanzeigen auf HVS ist es hilfreich, zunächst auf die ASTRA- „Richtlinie zu Wechseltextanzeigen (WTA)“ einzugehen, wenn gleich diese auf die Autobahnen fokussiert ist [65]:

Danach sind WTA... Informationsanzeigen, die mit Hilfe von Texten, Signalen und Piktogrammen die Verkehrsteilnehmenden auf wichtige aktuelle oder kommende Ereignisse im Verkehrsablauf des örtlich voraus liegenden Gebiets aufmerksam machen. Sie werden wie folgt gruppiert:

Anzeigen zum Verkehrsmanagement dienen der Optimierung des Verkehrsflusses sowie der Information der Verkehrsteilnehmenden bei Verkehrsstörungen.

Anzeigen betreffend Verkehrssicherheit werden bei Behinderungen oder Blockaden infolge von spontanen Ereignissen wie Brand, Unfällen, Pannenfahrzeug, Elementarschäden, Hindernissen auf der Fahrbahn etc. ausgelöst.

Ortspezifische und allgemeine Verkehrsinformationen betreffen lokale Informationsanzeigen zu Einschränkungen, lokalen Verkehrsführungen oder Fahrplanordnungen, wichtige nationale Informationen und Hinweise oder vorsorgliche Informationen ...bei Grossveranstaltungen, Baustellen oder regelmässigen Tunnelreinigungen. Der Verkehrsteilnehmende soll frühzeitig auf kommende Störungen im Verkehrsablauf oder Sperrungen aufmerksam gemacht werden

Die für Autobahnen geeignete Auflistung von möglichen WTA- Inhalten kann strukturell für HVS übernommen werden.

Es ist jedoch erforderlich, die anders gelagerten Strassen- und Verkehrsverhältnisse auf HVS zu berücksichtigen. Diese zeichnen sich vor allem durch weniger Fahrstreifen, kürzere Knotenpunktabstände, Mischverkehre IV, ÖV und teilweise Veloverkehr und niedrigere Geschwindigkeiten aus.

Für den Verkehr auf HVS bestehen zudem mit der Lichtsignalsteuerung und Parkleitsystemen weitere von den Autofahrenden zu beachtende Signalisationen.

Daraus resultiert die reale Gefahr einer Überinformation. Dies kann zur Verunsicherung der Verkehrsteilnehmenden mit negativen Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit sowie zu einer geringeren Akzeptanz der angebotenen Handlungsempfehlungen führen. Mitunter sind die Adressaten der Informationsanzeigen schlichtweg überfordert. Sie sollen die Informationsinhalte in komplexen Verkehrssituationen aufnehmen, verarbeiten und in beabsichtigter Weise reagieren. Schliesslich kann ein Zuviel an Signalen das Erscheinungsbild des Strassenraums beeinträchtigen. Aus diesen Gründen ist es angebracht, einige Postulate für den Einsatz von Informationsanzeigen aufzustellen:

- Die Informationsanzeigen sollten immer einen verständlichen Bezug zum Strassenverkehr im jeweiligen Gebiet haben.
- Der Informationsinhalt sollte soviel wie nötig beinhalten und nicht soviel wie möglich.
- Die Informationsanzeigen sollten aus Nutzer- und Betreibersicht mit den anderen Verkehrsbeeinflussungs- und/-informationssystemen im Untersuchungsgebiet korrelieren.
- Die Gestaltung von Informationsanzeigen sollte nach einheitlichen Grundsätzen erfolgen, ohne die gewünschte Flexibilität aufzugeben.

Auch bei Einhaltung dieser Postulate bleibt eine grosse Vielfalt für Anwendungsfällen bestehen. Es ist schwierig, den Planungsprozess so stringent wie für streckenbezogene Signalisierungen und Zielführungen zu beschreiben. Es wird daher vorgeschlagen, eine weitere Untergliederung der dynamischen Informationsanzeigen vorzunehmen, u. zw. in:

Ergänzende Informationsanzeigen zu nach folgenden streckenbezogenen Signalisierungen und Zielführungen (Abb. 8.1)

Eigenständige Informationsanzeigen zur Verkehrsbeeinflussung/ Verkehrsinformation (Abbildung 8.2)



Abb. 8.1 Beispiel ergänzende Informationsanzeige (Quelle: Ing.-büro Ferella Falda)

Abb. 8.2 Beispiel für eigenständige Informationsanzeige (Quelle: Signal AG)

Zur Abbildung 8.1 ist kritisch anzumerken, dass sie drei verschiedene Informationen in einer Anzeige zusammenfasst. Das ist die ergänzende Information zur Zielführung P + R – Platz mit Anzeige der freien Parkstände, die Stauwarnung in Fahrtrichtung Zentrum und die Information über die Häufigkeit des Busverkehrs zum Zentrum. Hier sollte die Aufstellung von zwei aufeinander folgenden Anzeigen geprüft werden. Das wird im Abschnitt 8.4 erläutert.

In der Abbildung 8.3 werden die beiden Strukturierungsansätze zusammengeführt und Beispiele für Informationsinhalte genannt.

Abb. 8.3 Strukturierung von dynamischen Informationsanzeigen

	Ergänzende Informationsanzeigen	Eigenständige Informationsanzeigen
Anzeigen zum Verkehrsmanagement	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Stauinformationen mit Reisezeitangaben für empfohlene Routen oder Nutzung ÖV ▪ Umweltbedingte Verkehrsräumeinschränkungen ▪ Überfüllung von Parkplätzen mit Alternativempfehlungen 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verkehrslagemeldungen ▪ Temporäre Leitsysteme zu Sonderparkplätzen (z. B. an Messestandorten, Stadien) ▪ Nutzung P+R- Plätze (Intermodalität) ▪ Baustellen- und Stauinformationen
Anzeigen betreffend Verkehrssicherheit	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Stau(ursachen-) information ▪ Hinweise auf Gefahrenstellen 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Allgemeine Gefahrwarnungen betreffs Witterung/ Strassenzustand
Ortspezifische, allgemeine Verkehrsinformationen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Für veranstaltungsbedingte Änderungen von Vorschriftsignalen 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Geplante Verkehrseinschränkungen aufgrund von Grossveranstaltungen

8.2 Verkehrliche Planung

Mit den im In- und Ausland realisierten Lösungen werden wichtige Einsatzziele verfolgt. Das sind vor allem die

- die Vermeidung von lokalen und/ oder netzweiten Verkehrsüberlastungen bei planbaren oder akut eingetretenen Ereignissen,
- Optimierung von Reisezeiten,
- Unterstützung der Intermodalität,
- Unfallverhütung und
- Verringerung von Emissionen.

Aus methodischen Gründen werden die verkehrliche und die darauf basierende systemtechnische Planung von ergänzenden und eigenständigen Informationsanzeigen separat beschrieben.

8.2.1 Ergänzende Informationsanzeigen

Die Planung von ergänzenden Informationsanzeigen sollte zweckmässigerweise mit den verkehrsplanerischen Arbeitsschritten für die jeweils zugehörige Einsatzart der dynamischen Signalisierung verknüpft werden. Abbildung 8.4 zeigt die entsprechende Zuordnung.

Bei der Entscheidung, ob streckenbezogene Signalisierungen oder Zielführungen mit dynamischen Informationsanzeigen ergänzt werden sollten oder nicht, ist stets der konkrete Einzelfall zu beurteilen.

So kann z. B. angenommen werden, dass aufgrund der Schwere von Unfällen die lokale Gefahrwarnung durch zusätzliche Informationen verbessert wird. Es ist jedoch auch zu prüfen, wie oft derartige unfallfördernde Ereignisse tatsächlich auftreten. Dabei soll diese singuläre Zusatzinformation in einem angemessenen Verhältnis zu anderen Sachverhalten stehen, die im weiteren Streckenverlauf besondere Aufmerksamkeit erfordern.

Die ergänzenden Informationen erfüllen eine wichtige Aufgabe bei der Akzeptanzerhöhung von Lenkungsmaßnahmen. Das ist notwendig, um die Einsatzziele des Verkehrsmanagements tatsächlich zu erreichen (z. B. gleichmässigerer Netzauslastung, Emissionsreduzierung). So konnte im Projekt „Netzinfo München“ mittels Befragung festgestellt werden, dass die Akzeptanz der Anzeigen nach einigen Monaten Betriebsdauer deutlich

zugenommen hatte. Insbesondere zusätzliche Angaben zur Verkehrsdichte und zu Reisezeiten wurden von den Verkehrsteilnehmenden als positiv bewertet.

Abb. 8.4 Planungsschritte für ergänzende Informationsanzeigen

Planung von streckenbezogenen Signalisierungen (Abschnitt 6.2)	Möglicher Inhalt bzw. Sachverhalt von ergänzenden Informationsanzeigen
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Funktionale Auswahl und Zuordnung (entsprechend Abb. 6.1) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bei Stauwarnungen zusätzliche Informationen über Staulänge bzw. Reisezeitverlängerung ▪ Bei Tempolimiten über deren Veranlassung ▪ Bei Gefahrwarnungen mit Angabe zu betroffenen Abschnitten, ggf. Länge bzw. wiederholtes Auftreten in kurzen Abständen ▪ Bei Baustellen über die Dauer ▪ Bei geänderter Verkehrsorganisation über Veranlassung ▪ Bei Fahrverboten über Veranlassung
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Einsatzbeurteilung (gemäss Abb. 6.4) 	Wird ein relativer Beurteilungswert grösser 0,7 erreicht, wäre auch eine zusätzliche Textinformation angemessen
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Standortfestlegung 	müssen den Vorgaben für die Standorte der Signale entsprechen.
Planung Zielführungen (Abschnitt 7.2)	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verkehrliche Grundlagen analysieren 	erlauben fahrzeugtypabhängige Routenführungen, z. B. Trennung Schwerverkehr
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ereignis beurteilen 	Informationen zur Ereignisart, -dauer und verkehrlichen Wirkungen im folgenden Strassen- bzw. Netzabschnitt
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Standortfestlegung im Netz 	unterstützen insbesondere ortskundige Fahrer mit zusätzlichen Angaben zu den geänderten Fahrtrouten und deren Verlauf
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Wirkungsabschätzung 	unterstützen die Wirkungen der dynamischen Zielführung durch Angabe des auslösenden Ereignisses und der Reisezeiten

Sowohl bei den streckenbezogenen Signalisierungen als auch bei den Zielführungen muss entschieden werden, ob die ergänzenden Informationsanzeigen nur am ersten Anzeigequerschnitt mit installiert oder im Verlauf der Strecke oder des Netzabschnitts wiederholt werden sollen.

- Entscheidungskriterien sind u. a. die verkehrsrechtliche Bedeutung, die Relation zwischen ortskundigen und ortskundigen Verkehrsteilnehmenden, die Distanz zwischen den „Hauptsignalen“ (Wechselsignale, Wegweiser) oder die Ereignisvielfalt.
- Ein wichtiger Aspekt ist die Aktualität und Homogenität der Informationen im Strecken- bzw. Routenverlauf. Verkehrsteilnehmende dürfen nicht durch widersprüchliche Aussagen während des Fahrtverlaufs im signalisierten Bereich verunsichert werden.
- Deshalb ist die angemessene zeitliche Verzögerung von Betriebszustandsänderungen bei den Informationsanzeigen gegenüber Änderungen des auslösenden Ereignisses wichtig. Nach dem Prinzip „first in – first out“ beginnt die Betriebszustandsänderung stets am ersten Anzeigenquerschnitt und folgt unter Beachtung der durchschnittlichen Reisezeit an den weiteren. Lässt sich das verkehrs- und systemtechnisch nur schwer umsetzen, so sollte auf eine wiederholte Anordnung der Anzeigen verzichtet werden.

8.2.2 Eigenständige Informationsanzeigen

Für die verkehrliche Planung von eigenständigen Informationsanzeigen sind vor allem die spezifischen örtlichen Anforderungen massgebend.

Aus der Sicht einer übergeordneten ganzheitlichen Betrachtung von Verkehrsmanagementmassnahmen sollten dabei folgende Punkte berücksichtigt werden.

- Die Ereignisse und ihre verkehrlichen Wirkungen sind nicht mit den anderen Arten der dynamischen Signalisierung zu bewältigen.
- Die Anzeigen stehen nicht im Widerspruch zu anderen statischen und dynamischen Signalisierungen im Verlauf der dort befindlichen Hauptverkehrsstrassen.
- Für die Verkehrsteilnehmenden muss es möglich sein, eindeutig die Inhalte zu verstehen und die Empfehlungen zu befolgen.

Ein wirksamer Einsatzbereich von eigenständigen Informationsanzeigen sind vorsorgliche Informationen über Ereignisse, die verkehrliche Auswirkungen haben werden. Das sind z. B. geplante grössere Baumassnahmen oder Grossveranstaltungen unter Mitnutzung des öffentlichen Strassenraums (Beispiel Marathonläufe, Radrennen). Mitunter wird auch über grössere Einschränkungen im regionalen Bahnverkehr informiert, wenn in deren Folge das Verkehrsaufkommen auf den Strassen stark zunimmt, entweder durch Schienenersatzverkehre und/ oder mehr Individualverkehr.

Mittels der vorsorglichen Informationen können die Strassenbenützer für den betreffenden Zeitraum ihr Mobilitätsverhalten anpassen, sei es durch örtliche und zeitliche Verlagerungen der Fahrten oder durch einen intermodalen Wechsel.

In der Praxis dienen eigenständige Informationsanzeigen nicht nur der vorsorglichen Information, sondern unterstützen auch die operative Verkehrsbewältigung bei bereits eingetretenen Ereignissen.

Deshalb sollte bei der Festlegung der Inhalte und der Standortauswahl nach denselben Grundsätzen verfahren werden wie sie für die anderen Einsatzarten der dynamischen Signalisierung beschrieben wurden (6.2, 7.2). Das bezieht sich insbesondere auf die

- Ereignisbeurteilung (Art, Häufigkeit und Dauer, verkehrliche Wirkungen),
- Charakterisierung des Strassennetzes,
- Beurteilung der Routenverfügbarkeit und
- Wirkungsabschätzung.

So tauchte bei der Diskussion zum Forschungsprojekt die Frage auf, unter welchen Umständen und nach welchen Grundsätzen eigenständige Informationsanzeigen zur „passiven“ Alternativroutenführung eingesetzt werden können. Das sind aktuelle Informationen über Ereignisse im vorausliegenden Strecken- bzw. Netzabschnitt ohne Handlungsempfehlungen. Ortskundige Autofahrende entscheiden dann selbst, welche Route sie wählen.

Hierfür können folgende Regeln als Entscheidungshilfen verwendet werden:

- Es ist zu prüfen, ob die Information grossräumig ausgerichtet sein soll und bereits frühzeitig gegeben wird, z. B. an Haupteinfallachsen. In diesem Fall ist vorrangig aus der Ereignisbeurteilung abzuleiten, ob sich der Aufwand lohnt. Allerdings ist bei der Standortauswahl zu beachten, dass keine zu grossen Abstände zu den massgeblichen Ereignisorten entstehen. Dadurch blieben die Informationen eher unbeachtet.
- Ergibt sich aus der Ereignisbeurteilung die Anforderung, die Informationen unmittelbar vor den kritischen Streckenabschnitten zu geben, so muss geklärt werden:
 - welche Knoten oder Verzweigungen als Entscheidungspunkte in Frage kommen,
 - welche Verkehrsstromanteile aufgrund der Information voraussichtlich die Stammroute verlassen (Ortskundige/ Ortsunkundige, Transit-/ Zielverkehr im Abschnitt),
 - welche planerische Routenverfügbarkeit besteht,
 - wie die betriebliche Routenverfügbarkeit festgestellt werden kann,
 - welche Möglichkeiten zum Umsteigen auf öffentliche Verkehrsmittel unter Beachtung der nutzbaren P+R – Kapazitäten vorhanden sind.

- Weil es keine Routenempfehlungen gibt, entfällt die Notwendigkeit zur Einhaltung der Kontinuitätsregel.
- Kommt es durch die Information zu ungewolltem Ausweichverkehr in umweltsensible Bereiche, sollte dieser mit Hilfe flankierender Massnahmen unterbunden werden. Diese meist statischen Massnahmen gelten dann allerdings auch bei inaktiven Informationsanzeigen.
- Mehrfache Anwendungen auf einer Route führen zu einer planerisch und operativ kaum zu beherrschenden Verkehrsabwicklung und zur Überforderung der Verkehrsteilnehmenden. Hierfür ist dann die direkte grossräumige Alternativroutenführung besser geeignet

Die Nutzung von eigenständigen Informationsanzeigen zur „passiven“ Alternativroutenführung sollte daher auf einzelne sehr kritische Streckenabschnitte beschränkt bleiben. Sie dient vor allem dem Zielverkehr in das sich unmittelbar anschliessende Gebiet.

8.3 Technische und betriebliche Umsetzung

Abgeleitet aus Abbildung 5.7 werden in der Abbildung 8.5 auszugsweise die für dynamische Informationsanzeigen zutreffenden funktionalen Ebenen aufgeführt.

Sowohl für die ergänzenden als auch für die eigenständigen Informationsanzeigen sind vor allem die Prozess- bzw. Betriebsleitebene relevant. So werden z. B. die Verkehrsinformationsdisplays der Stadt Zürich direkt von der Verkehrsleitzentrale (Prozessleitebene) programmiert und gesteuert.

Eine Datenerfassung im engeren Sinne findet für die Informationsanzeigen nicht statt. Die benötigten Daten oder Informationen werden entweder offline vorgegeben, z. B. Veranstaltungstermine, oder aus anderen Quellen abgeleitet, z. B. Verkehrslagemeldungen. Folglich beinhaltet die Feldebene die örtlichen elektromechanischen Komponenten der jeweiligen Anzeigetechnik.

Ergänzende Informationsanzeigen erfordern eine direkte Kopplung mit den zugehörigen Wechselsignalen oder Wegweisern. Das findet meist auf der Feld- und Steuerebene statt. Die Überwachung und operative Eingriffe geschehen auf der Prozessleitebene.

Abb. 8.5 Funktionale Ebenen für dynamische Informationsanzeigen

Ebene	Funktionen	
Betriebsleitebene	Datenfusion und Verkehrslageerfassung, Monitoring Verkehrsablauf	■
	Ereignisfeststellung	■
	Massnahmenauswahl	■
	Systemabgleich	■
	Massnahmenumsetzung	■
Prozessleitebene	Datenaufbereitung	
	Datenabgleich	
	Makrosteuerung	□
	Überwachung Feld- und Steuerebene	
Stuerebene	Datenaufbereitung	□
	Mikrosteuerung	□
Feldebene	(Verkehrs-) Datenerfassung	□
	Signalisierung	■
Legende: ■ trifft zu □ trifft teilweise zu		

Die im Abschnitt 8.2 eher restriktiv beschriebenen Einsatzmöglichkeiten von dynamischen Informationsanzeigen erfordern in der Regel keine umfänglichen betrieblichen Abstimmungen.

Praktische Erfahrungen haben jedoch gezeigt, dass Informationsinhalte mit spürbaren verkehrlichen Wirkungen Einfluss auf die Wirksamkeit anderer Verkehrsbeeinflussungssysteme haben können.

Ein Beispiel sind erhebliche Routenänderungen, die ohne operative Anpassung von Lichtsignalanlagenprogrammen zu Staus an den davon betroffenen LSA führen.

Aus diesem Grund sollte nach ersten betrieblichen Erfahrungen geprüft werden, ob die Aktivierung von Informationsanzeigen mit bestimmten Inhalten einer vorgängigen Abstimmung mit anderen Beteiligten bedarf. Das wäre dann organisatorisch festzulegen.

8.4 Gestaltung von dynamischen Informationsanzeigen

Für die inhaltliche, geometrische und lichttechnische Gestaltung von dynamischen Informationsanzeigen bestehen bislang kaum verbindliche Regelungen. Das spiegelt sich auch in der Vielfalt bisher entwickelter Lösungen wider.

Aus diesem Grund werden zunächst die für HLS vorhandenen Ansätze vorgestellt und ihre Übertragbarkeit auf HVS- Ausrüstungen geprüft. Dabei wird auch auf Ergebnisse von verkehrspsychologischen Untersuchungen eingegangen.

In der ASTRA - Richtlinie „Wechseltextanzeigen (WTA) - Grundsätze zu Aufbau und Inhalten von Anzeigen“ Ausgabe 2010 V1.01 werden die in der Abbildung 8.6 gezeigte Struktur und Inhalt aufgeführt und mit den nachfolgenden Erläuterungen begründet [65].

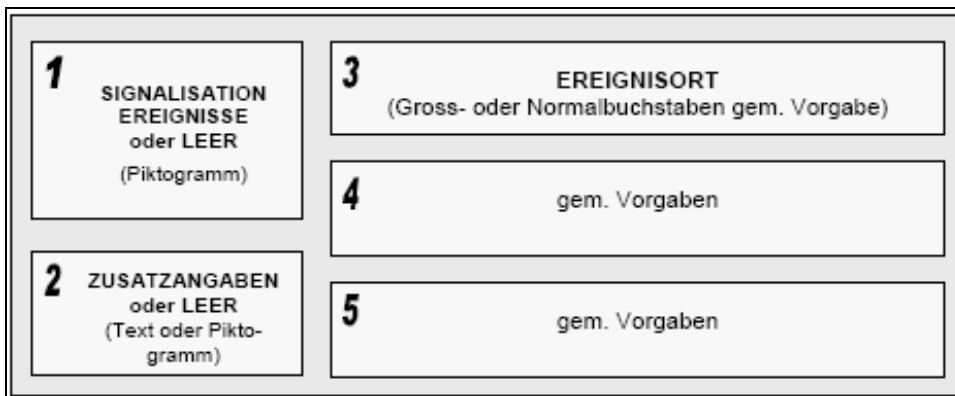


Abb. 8.6 Struktur und Inhalte von WTA [65]

Anzeigen betreffend Verkehrsmanagement

- Feld 1: Information zum Ereignis als Gefahren- oder Vorschriftsignal gemäss SSV oder Sperrungsanzeige eines Objektes mit rot gekreuzten Schrägbalken
- Feld 2: Zusatzangaben beinhalten entweder das Ausmass eines Ereignisses oder spezifizierte Angaben (z.B. Fahrzeugkategorie) als Piktogramm oder Text.
- Feld 3: Angabe des Ereignisortes in Grossbuchstaben.
- Feld 4: Bei Empfehlung einer Alternativ- oder Umleitungsrouten wird das durch das Ereignis betroffene nächste Fernziel 1. Ordnung auf der Stammroute angegeben.
- Feld 5: Bei Empfehlung einer Alternativ- oder Umleitungsrouten erfolgt die Routenangabe so, dass der Fahrzeuglenkende den Weg bis zur nächsten Wegweisung seines Fernzieles findet. Auf den WTA entlang von Alternativ- und Umleitungsrouten werden nur die Fernziele mit der Routenangabe in Feld 4 und 5 entsprechend der notwendigen Wegweisung angezeigt.

Anzeigen betreffend Verkehrssicherheit

- Feld 1: Gefahreninformation mittels Gefahrensignal gemäss SSV.
- Feld 2: In der Regel keine Zusatzangabe.

Feld 3-5: Bei Gefahren unmittelbar nach der WTA wird die Art der Gefahr in Feld 4 in Grossbuchstaben angegeben (z. B. Unfall, Pannenfahrzeug).

Anzeigen betreffend ortsspezifischen oder allgemeinen Verkehrsinformationen

Feld 1,2: Lokale Informationen erfolgen mittels Hinweis-, Vorschriftsignal oder ergänzender Signalangabe nach SSV. Die Verwendung von veranstaltungsspezifischen Piktogrammen von Grossveranstaltungen bedarf der Bewilligung. Die Zusatzangabe erfolgt nach Bedarf mit Piktogramm oder Text.

Feld 3-5: Die Ortsangabe steht in Feld 3 in Grossbuchstaben, Hinweise sind in den Feldern 4 und 5 aufgeführt.

Vorsorgliche Informationen werden i. d. R. mit der Ortsangabe in Feld 3, dem Zeitraum in Feld 4 und dem Ereignis in Feld 5 angezeigt. Die Felder 1 und 2 bleiben leer.

Die ASTRA- Richtlinie enthält nur wenige Vorgaben zur Grösse von WTA. Diese ergibt sich vor allem aus Normenanforderungen zu Schrift- und Zeichengrössen. Hier ist vor allem die EN 12966-1 „Vertikale Verkehrszeichen – Wechselverkehrszeichen – Teil 1: Produktnorm“ massgeblich.

Wechseltextanzeigen und damit auch dynamische Informationsanzeigen haben neben positiven Effekten im Hinblick auf Verkehrssicherheit und Verkehrsablauf auch ein Potenzial zur Überforderung der Verkehrsteilnehmenden. In welchem Umfang dies eintritt, hängt u. a. vom Alter und der Fahrpraxis ab. Das war Gegenstand der Untersuchung „Verkehrspsychologische Überprüfung der Textinhalte von Wechseltextanzeigen WTA“ die vom ASTRA in Zusammenarbeit mit der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften, Institut für Angewandte Psychologie, durchgeführt wurde [32].

Die „Wechseltextanzeigen / WTA (Variable Message Signs / VMS) enthalten einerseits ein nonverbales Gefahren-Hinweis-Signal oder ein Piktogramm und andererseits Worte mit bis zu insgesamt 45 oder sogar 51 Zeichen, die beim Vorbeifahren gelesen werden müssen. Sie enthalten Angaben über den Ort einer Störung, einer Fahrzeugkategorie oder einen Umleitungshinweis.“

„Die Untersuchungen haben gezeigt, dass bei den einfacheren WTA, also jenen, die kurze Identifikationszeiten haben und nur zu geringfügige Veränderungen der Blickbewegungen führen, auch während der Fahrt die signalisierte Botschaft genügend rasch und richtig wahrgenommen wird, ohne dass es zu einer Beeinträchtigung der Verkehrssicherheit durch allzu grosse Ablenkung kommt.“

„Je komplexer jedoch der Inhalt der WTA ist, umso mehr verlängern sich die Identifikationszeiten und die so genannten Fixationsperioden, was zu einer stärkeren Ablenkung und damit zu einem mehr oder weniger stark erhöhten Unfallrisiko führt. Dabei kommt es nicht so sehr an auf die Zahl der in der WTA enthaltenen Zeichen (Worte), sondern vor allem auf die Verständlichkeit und Bekanntheit des Textes an.“

Aus weiteren verkehrspsychologischen Untersuchungen in Deutschland ergibt sich, dass eine Trennung in zwei klar gegliederte Text-/Bildblöcke dienlich ist. Diese beinhalten die Störungsinformation und die Handlungsempfehlung. Bezüglich der Störungsinformation steht der Wunsch der Verkehrsteilnehmenden nach dem Namen der Ausfahrt bzw. des Entscheidungspunktes, an dem die Störung beginnt, an erster Stelle. Hinsichtlich der Angaben zu Staulängen und Stauzeiten, wird letztere priorisiert [6], [7], [34].

Eine Untersuchung der Universität von Rhode Island ergab, dass Autofahrende im Durchschnitt 35% schneller auf dynamische Anzeigen reagieren, wenn sie neben dem Text ein bekanntes Standardsymbol beinhalten [3].

Für die Gestaltung von dynamischen Informationsanzeigen auf HVS sind einige von den HLS abweichende Randbedingungen zu beachten:

- Die Geschwindigkeiten sind niedriger als auf Autobahnen. Damit erhöht sich die Zeit für die Wahrnehmung von Informationsanzeigen.
- Häufig existieren an HVS weitere Verkehrsbeeinflussungssysteme wie Lichtsignalanlagen. Diese erfordern ebenfalls die Aufmerksamkeit der Strassenbenützer.
- In der Regel sind die Fahrstreifen schmaler und ihre Anzahl niedriger.
- Die Abstände zwischen den Knotenpunkten können relativ kurz sein. Entscheidungen müssen schnell getroffen und ggf. erforderliche Fahrtsreifenwechsel eingeleitet werden.
- Die Bebauung und Strassenraumgestaltung lässt Überkopfsignalisierung oftmals nur eingeschränkt zu.

Aus diesen Randbedingungen heraus, sollten dynamische Informationsanzeigen auf HVS in der Regel am rechten Strassenrand stehen.

Überkopfanzeigen können analog der Lichtsignalsteuerung dort zweckmässig sein, wo mindestens zwei durchgehende Hauptfahrbahnen und nach Möglichkeit separate Links- und/oder Rechtsabbiegestreifen existieren.

Abgeleitet aus mehreren realisierten Projekten werden in der Abbildung 8.7 zwei Vorschläge zur Gestaltung von Informationsanzeigen in Seitenaufstellung gezeigt. Je nach Platzverfügbarkeit wird die horizontale oder vertikale Variante eingesetzt. Die Gesamtgrösse wird massgeblich von den Schrift- und Piktogrammgrössen bestimmt.

Die Schriftgrössen sollten 140 mm betragen, wenn die zulässige Höchstgeschwindigkeit 70 km/h nicht überschreitet, andernfalls 175 mm. Bei der Grösse der Piktogramme geht man davon aus, dass die Seitenkanten von Dreiecken 500 (600) mm, von Ronden oder Quadraten 375 (450) mm betragen sollten [46], [56].

Die Breite der Anzeigen hängt massgeblich mit von der Anzahl der zu verwendenden Zeichen pro Zeile ab. Auf HVS sollte bei Anwendung der Festlegungen in [46] die maximale Zahl der Zeichen zwischen 14 und 18 liegen. Daraus resultiert letztendlich eine maximale Breite der Anzeigen mit Piktogramm links von ca. 2.500 mm, mit Piktogramm oben von ca. 1.900 mm. Die maximalen Höhen sind dann 900 mm bzw. 1.800 mm.

Werden zusätzlich grafische Elemente in die Textzeilen integriert, z. B. P+R – Symbole oder Veranstaltungslogos, dann sollten diese eine Höhe von ca. 300 mm haben.

Aus verkehrspsychologischer Sicht ist die Links – Rechts – bzw. Oben – Unten - Anordnung von Piktogramm und Textzeilen wichtig. Der mögliche Effekt ist eine stärkere Aufmerksamkeit, wenn ein Gefahr- oder Vorschriftsignal angezeigt wird. Bleibt das linke bzw. obere Feld dunkel und erscheinen nur Textinformationen, können die Autofahrenden von weniger dringlich zu beachtenden Informationen ausgehen.

Es muss örtlich entschieden werden, ob die Anzeigen im Grundzustand dunkel bleiben oder eine Standardinformation geben, z. B. eine Uhrzeitanzeige. Damit würde signalisiert, dass die Anlage funktioniert, jedoch keine aktuelle Information vorliegt.

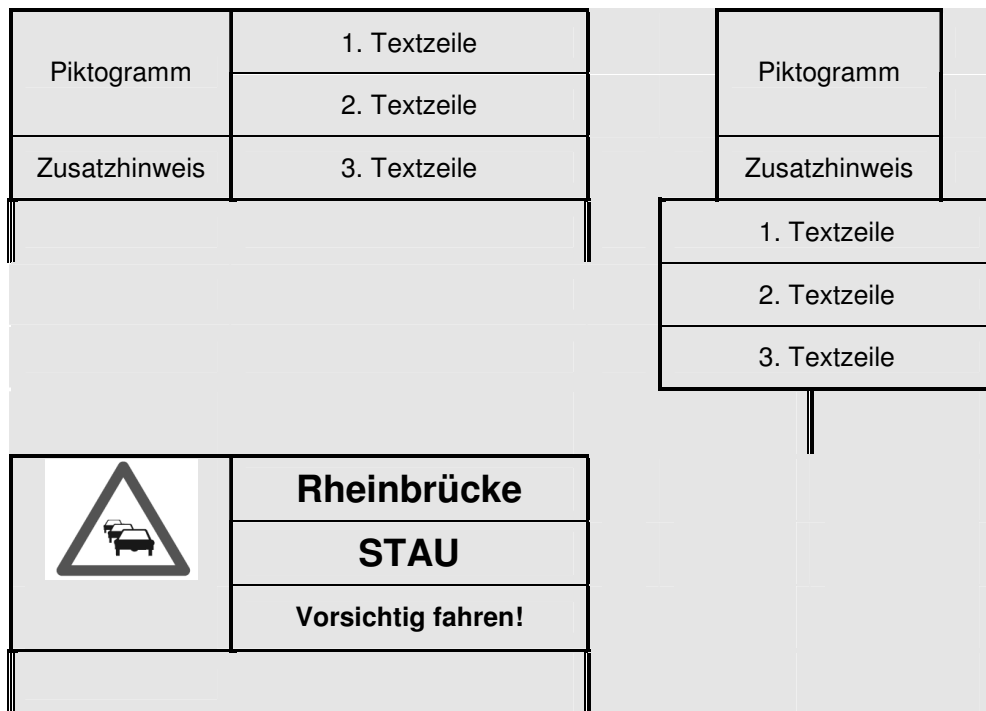
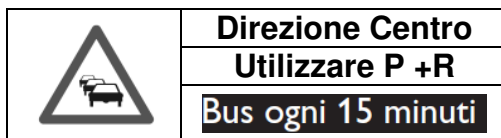


Abb. 8.7 Gestaltungsvorschläge/ Beispiel für Informationsanzeigen in Seitenaufstellung

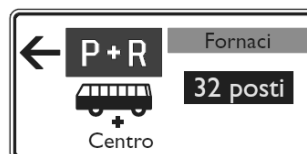
In Abhängigkeit von den auslösenden Ereignissen kann es sein, dass mit dem in der Abbildung 32 gezeigten Gestaltungsvorschlag nicht alle erforderlichen Informationen gegeben werden können. Es wird empfohlen, in solchen Fällen zu prüfen, ob zwei Informationsanzeigen nacheinander aufgestellt werden sollten. Die erste Anzeige sollte dann über das Ereignis informieren, die zweite die Handlungsempfehlung geben.

Für das Beispiel Parkleitsystem Lugano (Abbildung 8.1) könnte das so aussehen:

- 1. Informationsanzeige
Stauwarnung und Handlungsempfehlung „P+R“



- 2. Informationsanzeige
Informationen zur nächsten P+R- Möglichkeit (Element Parkleitsystem)



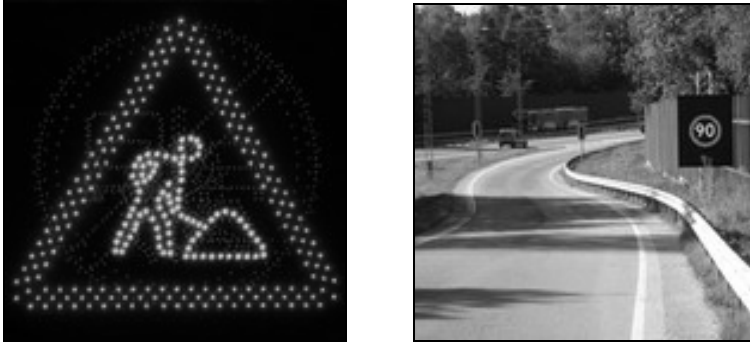
Aus verkehrspsychologischer Sicht kann es weiterhin zweckmässig sein, die Verkehrsteilnehmenden durch statische Signale auf Entscheidungssituationen vorzubereiten, die durch dynamische Informationsanzeigen veranlasst werden.

Damit ist die generelle Information über eine möglicherweise in Kürze zu treffende Entscheidung schon gegeben. Es bleibt Zeit, sich auf die tatsächliche dynamische Information vorzubereiten. Ein Beispiel dafür ist in der Abbildung 3.21 (Stuttgart) zu sehen.

Die vorgeschlagene Gestaltung von Informationsanzeigen und der Einfluss verschiedener technischer Lösungen (Prismenwechsler offen und geschlossen, LED) sollten in einer spezifischen Untersuchung, auch verkehrspsychologisch vertieft werden.

9 Typenblätter


9.1 Typenblatt Streckenbezogene Signalisierungen

Dynamische streckenbezogene Signalisierung	
	
(Bildquellen: Swarco)	
Funktionsbeschreibung	
<p>Dynamische streckenbezogene Signalisierungen sind Gefahren-, Vorschrift- oder Hinweissignale. Sie können abhängig von den aktuellen verkehrlichen oder betrieblichen Anforderungen in verschiedene Betriebszustände geschaltet werden (Wechselsignale).</p>	
Mögliche Einsatzbereiche	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Temporäre Fahrverbote (z. B. Nachtfahrverbot LW) ▪ Fahrordnungen (z. B. temporäre Geschwindigkeitsanordnungen) ▪ Überholverbote ▪ Fahrstreifensignale ▪ Temporäre Baustellenankündigungen ▪ Temporäre Lichtsignalanlagenankündigungen ▪ Stauwarnungen ▪ andere Gefahren (z. B. extreme Witterungsbedingungen) 	
Realisierbare Einsatzziele	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Erhöhung der Verkehrssicherheit ▪ Stabilisierung Verkehrsfluss ▪ Situationsangepasste Verkehrsorganisation ▪ Reduzierung von Emissionen ▪ Einsparung von Betriebspersonalkosten 	
Verkehrliche und wirtschaftliche Einsatzkriterien	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Das für die Signalisierung ursächliche Ereignis sollte periodisch wiederkehren, jedoch nicht ständig auftreten. ▪ Seinen verkehrlichen Auswirkungen kann (mittelfristig) nicht durch andere Massnahmen begegnet werden. ▪ Bei zeitlich befristeten Ereignissen kann der Einsatz mobiler Signalisationsausrüstungen zweckmässig sein. 	

Dynamische streckenbezogene Signalisierung
Verkehrliche, technische und betriebliche Umsetzung
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Die Signalstandorte, die Gestaltung und Inhalte der Signale müssen der Signalisationsverordnung (SSV) entsprechen. ▪ Bei der Planung von dynamische Vorschriftsignalen zur Stabilisierung des Verkehrsablaufs ist zu beurteilen, wie die Verkehrsbelastungen und/ oder Geschwindigkeiten im Tagesverlauf variieren. ▪ Ausserdem ist eine Segmentierung längerer Strassenabschnitte zweckmässig. Damit kann auf inhomogene Verkehrsabläufe mit unterschiedlichen Anzeigen zur Maximalgeschwindigkeit bzw. des Überholverbots reagiert werden. ▪ Bei stufenweiser Geschwindigkeitsherabsetzung sind mehrere dynamische Signale nacheinander erforderlich. ▪ Vorseignale müssen ebenfalls dynamisiert werden. ▪ Es werden Ausrüstungen benötigt zur Datenerfassung/-aufbereitung bzw. Situationserkennung, Steuerung und Signalisierung inkl. Energieversorgung und Datenkommunikation zur Leit-/Überwachungszentrale. ▪ Es werden Prismenwechsignale in offener oder geschlossener Form sowie LED- Signale eingesetzt. ▪ Wechsignale zeigen im Grundzustand den Regelablauf an, z. B. die zulässige Höchstgeschwindigkeit, oder bleiben dunkel bzw. leer. ▪ Gefahrensignale sollten überwacht und bei Ausfall schnellstmöglich wieder in Betrieb gesetzt werden ▪ Es ist zu beurteilen, ob ein dynamisches Signal im konkreten lokalen Umfeld rechtzeitig wahrgenommen und verstanden werden kann. ▪ Die Gestaltung des Wechsignals soll seine Wahrnehmung im spezifischen Betriebszustand gegenüber dem Grundzustand erhöhen. ▪ Ausserdem ist einzuschätzen, mit welcher Wahrscheinlichkeit der Signalinhalt von den betroffenen Verkehrsteilnehmenden akzeptiert wird.

Abb. 9.1 Typenblatt Dynamische streckenbezogene Signalisierungen

9.2 Typenblatt Dynamische Zielführungen

Dynamische Zielführung

(Bildquelle: Grahl)
Funktionsbeschreibung
<p>Lenkung von Verkehrsströmen in einem Strassennetz auf der Grundlage planerisch definierter Wegweisungen und entsprechend der aktuellen oder erwarteten Verkehrslage durch</p> <ol style="list-style-type: none"> Umleitungswegweisungen (Stammroute nicht verfügbar) Alternativroutenführungen (Stammroute verfügbar) Parkleitsysteme
Mögliche Einsatzbereiche
<ol style="list-style-type: none"> HVS- Streckenabschnitte mit periodisch auftretenden Ereignissen, die die Befahrbarkeit sehr stark einschränken oder ausschliessen. Das sind z. B. Verkehrsüberlastungen, Unfälle, Unterhaltsarbeiten, extreme Witterungsbedingungen (Schnee, Eis, Hochwasser) oder Grossveranstaltungen. Verkehrslage- und ereignisabhängige Routenführung zu Fern- und Nahzielen (z. B. City, Veranstaltungsorte, P+R- Standorte, Flughäfen); Trennung zeitgleich auftretender starker Verkehrsströme zu verschiedenen Grossveranstaltungen im Gebiet Zielführung zu Parkzonen, Parkhäusern mit Anzeige von verfügbaren Stellplätzen (z. B. in Stadtzentren, bei Veranstaltungsorten; Bahnhöfe, Flughäfen)
Realisierbare Einsatzziele
<ol style="list-style-type: none"> Sicherung der Erreichbarkeit von Orten (Fahrzielen) Vermeidung von Verkehrszusammenbrüchen Verminderung von Unfallgefahren Sicherung der Erreichbarkeit von Orten (Fahrzielen) Optimierung der Netzauslastung und Vermeidung von Ausweichverkehren in sensible Gebiete Reduzierung von Reisezeiten und Kraftstoffkosten Verringerung von Schadstoffemissionen Reduzierung Parksuchverkehr Optimierung Reisezeiten Verminderung Emissionen Unterstützung der Intermodalität

Dynamische Zielführung
Verkehrliche und wirtschaftliche Einsatzkriterien
<p>Für a) und b):</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Häufigkeit, Dauer und verkehrliche Wirkungen von Ereignissen erfordern Routenanpassungen und damit eine Dynamisierung der Wegweisung ▪ Die planerische Verfügbarkeit der Umleitungs/Alternativrouten ist zu ermitteln (z. B. Leistungsfähigkeit, Trassierung, Verkehrsbelastung, Umfeldbedingungen) ▪ Die tatsächlich gegebene betriebliche Routenverfügbarkeit im Ereignisfall muss mittels Verkehrslagerkennung feststellbar sein. ▪ Es sind die Umwegfaktoren in Abhängigkeit von den überwiegend auftretenden Reisewegen zu ermitteln (z. B. Pendleranteil zu Transitanteil) und realistisch zu beurteilen. Ansonsten ist eine eher geringe Akzeptanz zu erwarten bzw. „Anregung“ zu Ausweichverkehr <p>Für c):</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Anteil der Parkierungskapazität am durchschnittlich auftretenden Zielverkehr in das jeweilige Gebiet sollte die Lenkung/ Leitung der Verkehrsströme rechtfertigen ▪ Routenführung sollte (für Ortsunkundige) plausibel sein; ▪ Einteilung grösserer Gebiete in Teilbereiche zweckmässig, damit verbunden ist die Festlegung der Startpunkte weiter entfernt von den Zielorten.
Verkehrliche, technische und betriebliche Umsetzung
<p>Für a) und b)</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Es gelten die rechtlichen Regelungen und örtlichen Festlegungen wie für die statische Wegweisung im Rahmen der bestehenden Netzstruktur. ▪ Einhaltung der Kontinuitätsregel bei der Wegweisung auf Umleitungs/Alternativrouten muss gesichert werden ▪ Routenunterteilung in Segmente kann bei längeren Strecken zweckmässig sein ▪ Mögliche Übergangspunkte vom MIV zum ÖV sind zu analysieren und die realen betrieblichen Möglichkeiten von Verkehrsverlagerungen einzuschätzen. ▪ Kenntnis der gegenwärtigen und prognostizierten Quelle- Ziel- Beziehungen der Verkehrsströme; die Auswirkungen von Lückenschlüssen im Netz sind zu berücksichtigen. ▪ Die technische und betriebliche Umsetzung findet auf der Feld- und Steuerungsebene sowie auf der Prozessleitebene statt. ▪ Online- Verkehrslageerfassung auf Stamm-/ Umleitungs-/ Alternativrouten erforderlich, ggf. offline- Zusatzinformationen zu temporären Einschränkungen (z. B. Baustellen); ▪ Die Feststellung, dass ein Ereignis eingetreten ist, bei dem sich die Betriebszustände der Anzeigen ändern sollen, sollte durch zusätzliche Mittel validiert werden, z. B. erhebliche Verkehrsüberlastungen oder Unfälle im Tunnel, ▪ Signalisierung erfolgt mit Prismenwechsellsignalen und LED- Anzeigen, Integration von verschiedenen Zusatzinformationen muss möglich sein ▪ Die Standortfestlegung der Signale kann nur bedingt nach einem festen Schema ablaufen. Die Kenntnisse und Erfahrungen der Planer spielen eine entscheidende Rolle. ▪ Bei komplexeren verkehrlichen Situationen können weitere dynamische Signalisierungen im Verlauf der Umleitungs-, Alternativroute erforderlich sein. Das trifft z. B. für wichtige städtische oder regionale Knotenpunkte mit hohem Verkehrsaufkommen und vielfachen Verkehrsbeziehungen zu. ▪ Entscheidungspunkte für die Verkehrslenkung sollten so gestaltet sein, dass die Veränderungen in der Zielführung problemlos bewältigt werden können, z. B. getrennte Fahrstreifen und Lichtsignalphasen ▪ Die Übereinstimmung von Wegweisung mit Vorwegweisung und Markierung muss sichergestellt sein. Grundsätzlich sind sowohl die Vorwegweiser als auch die Wegweiser als dynamische Signale auszuführen.

Dynamische Zielführung
<ul style="list-style-type: none">▪ Bei Alternativroutenführungen muss es möglich sein, gleichzeitig dasselbe Fernziel für mehr als eine Fahrtrichtung anzuzeigen.▪ Eine geeignete Lösung dafür ist eine Kombination von Prismenwechselwegweisern mit integrierter LED- Informationsanzeige▪ Eine Alternative dazu besteht in der Kombination von Prismenwechselsignalen mit ergänzenden dynamischen Informationsanzeigen.▪ Die Makrosteuerung findet in der Regel auf der Prozessleitebene statt.▪ Abstimmung mit anderen Verkehrsbeeinflussungssystemen (z. B. Anpassung LSA-Steuerung, Parkleitsystemsignalisation) und Navigationsdiensten erforderlich▪ Aktuelle Verkehrsinformationen gewährleisten <p>Für c):</p> <ul style="list-style-type: none">▪ Lokale Erfassung und Anzeige der Stellplatzkapazitäten▪ Makrosteuerung auf Prozessleitebene▪ Abstimmung der Zielführung zu Parkieranlagen mit der aktuellen Umleitungswegweisung (keine Widersprüche in den Anzeigen)

Abb. 9.2 Typenblatt Dynamische Zielführungen

9.3 Typenblatt Dynamische Informationsanzeigen

Dynamische Informationsanzeigen	
	<p>(Bildquellen: Signal AG)</p>
Funktionsbeschreibung	
<p>Mit Hilfe von Texten, Signalen und Piktogrammen werden die Verkehrsteilnehmenden auf wichtige aktuelle oder kommende Ereignisse im Verkehrsablauf aufmerksam gemacht. Es wird unterschieden nach Anzeigen betreffend Verkehrsmanagement oder Verkehrssicherheit sowie ortsspezifische und allgemeine Verkehrsinformationen. Die Anzeigen erfolgen eigenständig oder ergänzend zu streckenbezogenen Signalisierungen oder Zielführungen.</p>	
Mögliche Einsatzbereiche	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Lokale Hinweise auf Gefahrenstellen ▪ Stauinformationen (ggf. mit Reisezeitangaben für Routen) ▪ Umweltbedingte Verkehrsraumeinschränkungen ▪ Geplante Verkehrseinschränkungen aufgrund von Grossveranstaltungen (Vorsorgliche Informationen) ▪ Temporäre Leitsysteme zu Sonderparkplätzen (z. B. an Messestandorten, Stadien) 	
Realisierbare Einsatzziele	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Unfallprävention ▪ Verringerung von Emissionen ▪ Minimierung von Reisezeitverlusten und Mehrkosten ▪ Unterstützung der Intermodalität ▪ Vermeidung von lokalen Verkehrsüberlastungen 	
Verkehrliche und wirtschaftliche Einsatzkriterien	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Art, Periodizität und Dauer der auslösenden Ereignisse erfordern dynamische Anzeigen; ▪ Die Wirksamkeit von streckenbezogenen Signalisierungen oder Zielführungen wird durch ergänzende Informationen erhöht; ▪ Negative Wirkungen aufgrund der Informationen sollten nicht auftreten (z. B. regelwidriges Verhalten, Ausweichverkehr in Nebennetze) ▪ Bei der Entscheidung ist stets der konkrete Einzelfall zu beurteilen. 	

Dynamische Informationsanzeigen
Verkehrliche, technische und betriebliche Umsetzung
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Der Informationsinhalt sollte soviel wie nötig beinhalten und nicht soviel wie möglich ▪ Es ist zu prüfen, ob ergänzende Informationsanzeigen zu Zielführungen nur am ersten Anzeigequerschnitt installiert werden, oder mehrmals im Verlauf der Umleitungsstrecke/ Alternativroute. ▪ Bei eigenständigen Informationsanzeigen ist zu prüfen, ob die Information <ul style="list-style-type: none"> - grossräumig ausgerichtet sein soll und bereits frühzeitig gegeben wird, z. B. an Haupteinfallachsen, oder - unmittelbar vor den kritischen Streckenabschnitten ▪ Die Nutzung von eigenständigen Informationsanzeigen zur „passiven“ Alternativroutenführung (nur Information über Ereignis, keine Handlungsempfehlung) sollte auf einzelne sehr kritische Streckenabschnitte beschränkt bleiben. Sie dient vor allem dem Zielverkehr in das sich unmittelbar anschliessende Gebiet. Bei ungewollten Ausweichverkehren sollte die Information erst nach der Verzweigung gegeben werden, z. B. als Wechselsignal „Stau“ ▪ Lokale Signalisierung auf Grundlage einer überwiegend zentralen Steuerung (eigenständige Anzeigen) ▪ Ergänzende Anzeigen erfordern eine direkte Kopplung mit den streckenbezogenen Signalen oder Wechselwegweisern ▪ Eine Datenerfassung im engeren Sinne findet für die Informationsanzeigen nicht statt. ▪ Trennung der Anzeigen in zwei Text-/Bildblöcke, getrennt nach Störungsinformation und Handlungsempfehlung (Links – Rechts – bzw. Oben – Unten - Anordnung von Piktogramm und Textzeilen) ▪ Dynamische Informationsanzeigen sollten auf HVS in der Regel am rechten Strassenrand stehen. ▪ Die Gesamtgrösse wird massgeblich von den Schrift- und Piktogrammgrössen bestimmt. ▪ Die maximale Zahl der Zeichen pro Zeile sollte 14 bis 18 sein, bei maximal drei Textzeilen. ▪ Durch zusätzliche statische Signale vor den dynamischen Informationsanzeigen können Verkehrsteilnehmende auf Entscheidungssituationen vorbereitet werden, z. B. eine P+R - Nutzung. ▪ Anzeigen bleiben im Grundzustand dunkel oder geben eine Standardinformation, z. B. eine Uhrzeitanzeige

Abb. 9.3 Typenblatt Dynamische Informationsanzeigen

10 Entwicklungstrends

10.1 Tendaussagen und Handlungsbedarf

Strassenseitige dynamische Signalisierungen sind eine moderne Form der Verkehrsbeeinflussung- und/-information. Bei der Beurteilung von Möglichkeiten und Grenzen ihres Einsatzes müssen auch absehbare Entwicklungen der Zukunft berücksichtigt werden.

Im Forschungsbericht „Modernisierung von Lichtsignalanlagen“ wurde herausgearbeitet, dass die Betreiber von Verkehrsbeeinflussungsanlagen für die Anwendung neuer technischer Entwicklungen verlässliche Entscheidungsgrundlagen benötigen. Das resultiert zum einen aus der langen normativen Nutzungsdauer der in ihrer Verantwortung befindlichen Ausrüstungen, zum anderen an den hohen Anforderungen, die an die Betriebs- und Verkehrssicherheit neuer Technologien gestellt werden müssen [41].

Nach [22] wird zukünftig im Auto eine Vielzahl von intelligenten Teilsystemen zu einem komplexen System zusammengefasst. Die Informationstechnik wird dabei die entscheidende Voraussetzung sein, um dem intelligenten Automobil gerecht zu werden. Die Anwendungsfelder sind hierbei sehr vielfältig. Der Telematikeinsatz selber dient dabei überwiegend als Assistenzsystem für den Fahrer. Die Informationen umfassen dabei den Zustand des Fahrzeugs sowie des Verkehrsgeschehens im Umfeld des Fahrers. Das Ziel ist somit die Erfassung, Übermittlung und Auswertung von verkehrsbezogenen Informationen.

Für die weiteren Untersuchungen ist es zweckmässig, die Funktionalitäten der so genannten intelligenten Fahrzeugausrüstungen darzustellen. Dabei kann zwischen fahrtechnischem und verkehrstechnischem Equipment unterschieden werden.

Zur ersten Gruppe gehören Systeme, die dem Menschen bei der physischen und psychischen Bewältigung der Fahrzeugbedienung unterstützen. Die zweite Gruppe des verkehrstechnischen Equipments umfasst im Wesentlichen

- die routenbezogene Navigation
- die streckenbezogene bzw. punktuelle Information
- die Kommunikation.

Im europäischen Forschungsprojekt „elmpact“ wurden die sozio-ökonomischen Effekte der Entwicklung, Einführung und Wirksamkeit von Systemen dieser Gruppe untersucht [8]. In einem Szenario wurde abgeschätzt, wie im Jahre 2020 der Ausstattungsgrad von Fahrzeugen sein könnte (Abbildung 10.1):

Abb. 10.1 Marktprognose 2020 für „Intelligente Fahrzeugausrüstungen“

System	Beschreibung	Ausstattungsgrad 2020 (Pw, Lw) in %
eCall	Automatischer Notruf bei Unfällen	50, 51
Intersection Safety	Rotlichtwarnung, Vorfahrtbeachtung, Linksabbiegeunterstützung.	1, 1
Wireless Local Danger Warning	Kommunikation zwischen Fahrzeugen zur Frühwarnung bei Unfällen, Hindernissen, schlechter Sicht	3, 8
SpeedAlert	Warnung bei überhöhter Geschwindigkeit	40, 48

In grossem Umfang befinden sich bereits jetzt Navigationssysteme in den Fahrzeugen. Neben der standardmässigen Routenführung sind weitere Funktionen möglich. Dazu gehören Sprachkommunikation mit dem Fahrer, örtliche Informationen zu Parkie-

rungsanlagen oder zum Übergang auf den öffentlichen Verkehr sowie Unterstützung für den letzten Reiseabschnitt, wenn dieser zu Fuss zurückgelegt werden soll.

Werden Navigationssysteme über das Internet mit einem Serviceprovider verbunden, sind weitere Dienste möglich. So können beispielsweise aktuelle Baustelleninformationen direkt eingelesen werden. Umgekehrt dienen Rückmeldungen von den Fahrzeugen dazu, im Sinne eines Lernprozesses das Routing zu optimieren. Das betrifft sowohl die Individualisierung der Navigation aufgrund erfasster typischer Fahrtverläufe als auch die Aufbereitung der von einzelnen Fahrzeugen erfassten Daten bzw. (Fehler-) Informationen für die Navigation anderer Fahrzeuge in diesem Bereich.

Weitere Serviceleistungen moderner Navigationssysteme sind Hilfsdienste bei Pannen und Unfällen einschliesslich der automatischen Anwahl im Notfall mit Angabe des Fahrzeugstandortes. Zusätzliche Sicherheitsfunktionen orientieren die Fahrer über verkehrssensible Bereiche wie Schulen oder Spitäler.

Diese rasanten technischen Entwicklungen zwingen dazu, sich mit dem Wechselverhältnis von Verkehrsmanagement mittels strassenseitiger Ausrüstung und individueller Verkehrsinformation auseinanderzusetzen. Insbesondere geht es um das Zusammenspiel von Massnahmen des operativen Verkehrsmanagements und der zeitgleich wirkenden fahrzeuggestützten Navigation.

Zu dieser Problematik wurde im Rahmen des Forschungsprojekts „Abstimmung zwischen individueller Verkehrsinformation und Verkehrsmanagement“ eine Untersuchung mit folgenden Fragestellungen und Erkenntnissen durchgeführt [40]:

- Das Verkehrsmanagement hat auf die heutigen Navigationsgeräte kaum - oder nur indirekt via die digital codierten RDS-TMC-Informationen - einen Einfluss. Die Fahrer folgen den Empfehlungen der Navigationsgeräte, übersehen und missachten oft sogar die Signalisation vor Ort und die Empfehlungen der Radio-Verkehrsinformation.
- Zwei Fragen sind zu beantworten: Was sind die möglichen Lenkstrategien des Verkehrsmanagements und wie kann erreicht werden, dass in der konkreten Situation eine von allen Seiten akzeptierte Strategie vorgegeben wird, und andererseits wie kann die gewählte Strategie passend auf die betroffenen Fahrzeuge abgebildet und an deren Navigationsgeräte übermittelt werden?
- Aufgabe des Verkehrsmanagements ist, aus kollektiver Sicht und unter Berücksichtigung der gegebenen Rahmenbedingungen möglichst reibungslose Verkehrsabläufe sicherzustellen. Bei der individuellen Sicht geht es darum, jede Fahrt für sich möglichst optimal abzuwickeln, d.h. zum Beispiel möglichst rasch, möglichst auf direktem Weg, möglichst kostengünstig oder möglichst umweltschonend vom Start zum vorgegebenen Ziel zu gelangen.
- Ein möglicher Lösungsansatz wird in der Anwendung von Strategielayern gesehen. Mit diesen werden Lenkstrategien des operativen Verkehrsmanagements durch die Fahrzeugnavigation übernommen und ausgeführt.
- Die Lösung des Problems besteht auf technischer Ebene in einer Anpassung der Verkehrsmanagementsysteme und der Navigationsgeräte, so dass die beiden untereinander verbunden werden können.
- Dazu ist es auch notwendig, die Zuverlässigkeit der Lenkstrategien hinsichtlich der Datenerfassung zu erhöhen. Es sollen der tatsächlichen Verkehrslage angepasste Massnahmen unter Beachtung von Folgewirkungen eingeleitet und wieder beendet werden.
- Als Grundlage für die Implementierung eines Strategielayers ist deshalb eine Neuausrichtung in der Verkehrsdatenerhebung und -aufbereitung erforderlich. Es geht darum, auf Reisezeiten bezogene Messgrössen bestimmen zu können. Darauf beziehen sich die Algorithmen der Routenbestimmung für die dynamische Navigation. Wenn im strategiekonformen Routing die Aktivierung von Strategien erwogen wird, dann spielen die Reisezeiten eine entscheidende Rolle.

Strategiekonformes Routing war ebenfalls eine Untersuchungsmethode im Forschungsprojekt „Wirkungen von individueller und kollektiver on trip Verkehrsbeeinflussung auf den Verkehr in Ballungsräumen“. Das wurde vom deutschen Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie gefördert. Seine Ergebnisse wurden im Juli 2011 vorgestellt. Beispielhaft wurde für Routen im Ballungsraum München die Kommunikation einer Störung über das Navigationsgerät, über Verkehrsfunk, über Wechselwegweiser mit Stauinformation sowie über eine dynamische Informationsanzeige mit Reisezeitangaben durchgeführt [37].

Die Beeinflussung der Routenwahl war bei den Navigationsgeräten mit Angabe von Level of Services (LOS) am stärksten ausgeprägt, gefolgt von den Verkehrsfunkmeldungen. Eine Kombination beider Medien kann bei logischem und konsistentem Informationsgehalt den Einfluss eines Merkmals (z. B. Staulänge) auf die Routenwahl verstärken. Zudem wurde festgestellt, dass eine LOS-Information zum freien Verkehrsfluss einen starken Einfluss auf die Routenwahl haben kann.

Für die kollektive Verkehrsbeeinflussung werden Reisezeitangaben für Stamm- und Alternativrouten als die wesentliche Information angesehen. Deren Genauigkeit sollte über umfänglichere Messungen und nicht so stark über Modellierung verbessert werden. Dazu gehört auch die Nutzung neuer Erfassungsmethoden.

Ein weiterführender wesentlicher Entwicklungstrend ist die so genannte Intelligente Strasse, in der englischen Übersetzung „Smart street“. Hierbei geht es zunächst um Fahrzeug – Fahrzeug und Fahrzeug – Infrastruktur – Interaktionen, die auch als kooperative Systeme bezeichnet werden. Darüber hinaus sollen auch andere Verkehrsteilnehmende (Fussgänger, Velofahrer) durch zusätzliche elektronische Ausrüstungen in die Lage versetzt werden, ihre Mobilität sicherer und wunschgemässer zu gestalten.

Kooperative Systeme zielen auf den gegenseitigen Austausch von dynamischen, sicherheitsrelevanten Informationen zwischen Fahrzeug und Straßeninfrastruktur ab. Ziel ist es, die Sicherheit und den Komfort für den einzelnen Verkehrsteilnehmer zu erhöhen. Gleichzeitig sollen die negativen ökologischen Auswirkungen von Verkehr (Stau, Unfall, Umweltbelastung) verringert werden [26].

Solche im Fahrzeug dargestellte Informationen sind z.B. lokale Stau- und Unfallwarnungen, Geschwindigkeitslimits, Baustellenwarnungen, für den Straßenabschnitt aktuell gültige Wechselverkehrszeichen (z. B. Fahrstreifenbelegung) oder Wetterwarnungen.

Im Leitbild „Verkehrstelematik Schweiz 2012“ werden zu dieser Thematik folgende Aussagen getroffen [33]:

- Verkehrstelematikanwendungen zur Unterstützung der Fahrzeuglenkenden werden von der Automobilindustrie auf den Markt gebracht und werden als Komfortanwendungen der Verkehrstelematik eine grosse Verbreitung erfahren. Die Fahrzeuge werden zunehmend vernetzt für den Informations- und Datenaustausch untereinander als auch mit strassenseitigen oder zentralen Einrichtungen. Dienstleistungen am und im einzelnen Fahrzeug werden nach und nach zur Standardausrüstung der Fahrzeuge gehören. Davon verspricht man sich vor allem Sicherheitsgewinne.
- Als Unterstützungssysteme stehen im Vordergrund:
 - Systeme zur Informationsübermittlung zwischen Fahrzeugen, strassenseitigen Einrichtungen und Zentralen,
 - Abstands- und Kollisionswarnsysteme,
 - Systeme zur automatischen Erkennung und Einhaltung der Fahrstreifen-Führung,
 - Sensorik für Lenkerüberwachung,
 - Fahrzeugseitige Anzeige der vorgegebenen Signalisation und automatische Information zur aktuellen Fahrzeuggeschwindigkeit im Vergleich zur vorgegebenen

Signalisation; ggf. automatische Umsetzung der Fahrzeuggeschwindigkeit entsprechend den Signalisationsvorgaben,

- Verbesserte Diebstahlschutzsysteme.
- Das ASTRA passt, abgestimmt mit den europäischen Ländern, die Strassenverkehrsgesetzgebung und insbesondere die Ausrüstungsvorschriften der Fahrzeuge den technischen Entwicklungen der Verkehrstelematik an.
- Das ASTRA verfolgt die technische Entwicklung von Systemen, welche die Fahrzeuglenkenden unterstützen und passt die Fahrzeugausrüstungsvorschriften, abgestimmt mit den europäischen Ländern, an. Es beteiligt sich an Forschungs- und Entwicklungsvorhaben sowie an Pilotversuchen.

Das Europäische Parlament hat am 6. Juli 2010 eine Richtlinie über „Intelligente Verkehrssysteme im Straßenverkehr und deren Schnittstellen zu anderen Verkehrsträgern“ verabschiedet. Danach sollen bis 2014 EU- weit verschiedene Dienste bereitgestellt werden, u. a. für multimodale Reisezeitinformationen, Echtzeit- Verkehrsinfos sowie Informations- und Reservierungsdienste für LW- Parkplätze [9].

10.2 Überblick zu internationalen Forschungs- und Entwicklungsprojekten

Nachfolgend wird ein Überblick zu wesentlichen internationalen Forschungs- und Entwicklungsprojekten gegeben. Im Mittelpunkt stehen dabei die von der Europäischen Kommission geförderten Projekte. In der Abbildung 10.2 werden diese nach ihrer funktionalen Zuordnung zu V2V (Fahrzeug- Fahrzeug) bzw. V2I (Fahrzeug- Infrastruktur) sowie nach den Einsatzfeldern Sicherheit und Mobilität als Matrix dargestellt. Diese und die weiteren Informationen wurden aus der Projektrecherche von IntelliDrive [18] und darauf basierenden Einzelrecherchen zusammengestellt.

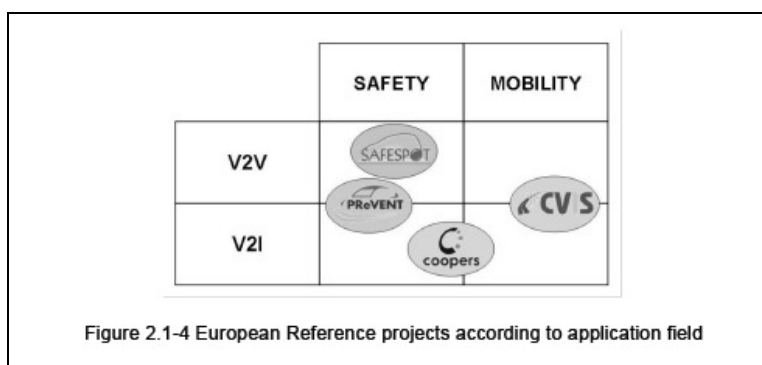


Abb. 10.2 Überblick internationale Forschungs- und Entwicklungsprojekte
(Quelle: IntelliDrive)

Das als eines der ersten gestarteten Projekte **CIVIS** (Cooperative Vehicle- Infrastructure Systems) wurde nach viereinhalbjähriger Laufzeit im Juni 2010 abgeschlossen [4]. Im Projekt wurden innovative Technologien für V2V und V2I entwickelt und getestet. Fahrzeuge kommunizieren drahtlos mit strassenseitigen Ausrüstungen und erhalten Informationen zu Geschwindigkeitsbeschränkungen und anderen Signalen, Wetterwarnungen und sich nähernden Rettungsdiensten. Letzteres dient deren schnelleren Erreichbarkeit von Unfallstellen. Eine weitere Anwendung ist die Unterstützung von Gefahrguttransporten, die auf ausgewählten sicheren Routen priorisiert werden. Die Fahrer derartiger Transporte haben die Möglichkeit, während der Fahrt geeignete Parkplätze zu ordern (Abbildung 10.3).

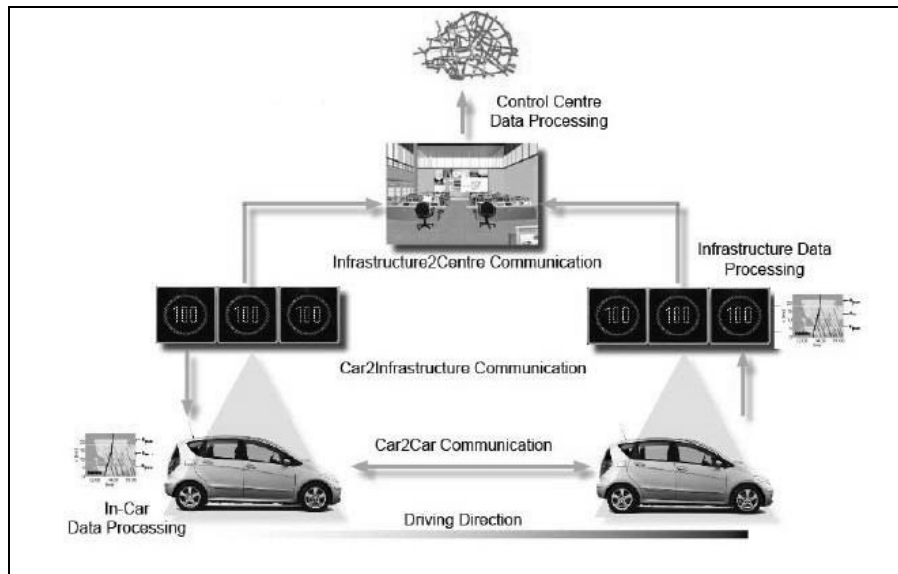


Abb. 10.3 Schematische Darstellung von CIVIS (Quelle: CIVIS.org)

Das Kernelement von **COOPERS** (CO- Operative Systems for Intelligent Road Safety) ist die Übertragung von Information (Daten) seitens der Infrastruktur in das einzelne Fahrzeug [5]. Folgende Ziele wurden mit dem im Jahre 2010 abgeschlossenen Projekt verfolgt:

- Definition von Kooperativen Diensten (welche Dienste haben den größten Mehrwert)
- Ausstattung einer Teststrecke
- Entwicklungsplattform für eine On- Board- Unit Lösung
- Test der Dienste in Pilotanwendungen
- Teststrecke für Kooperative Dienste auf der A12 Inntal Autobahn (Österreich)

In der ASFINAG Verkehrssteuerung in Wien sorgte ein zentraler COOPERS Server dafür, dass aus den bestehenden Verkehrsdaten "COOPERS Service-Nachrichten" erzeugt wurden. Er verwertete dazu Informationen aus allen bereits vorhandenen strassenseitigen Sensoren und Systemen und verknüpfte diese mit zusätzlichen Datenquellen (z.B. dem Baustelleninformationssystem) und Algorithmen. Der COOPERS Server filterte diese Nachrichten gemäß ihrer geographischen Position und sendete diese an eine oder mehrere der acht strassenseitigen Kommunikationseinrichtungen auf der Teststrecke auf der A12. Diese Kommunikationseinheiten übertrugen die Nachrichten dann via Infrarot an vorbeifahrende Fahrzeuge. Die waren mit entsprechenden Empfangsgeräten (On- Board-Unit, OBU) ausgestattet waren. Diese visualisierten die Nachrichten in einer Kartendarstellung und sorgten auf diese Weise dafür, dass der Fahrer alle für ihn und seine Fahrtrichtung relevanten Informationen direkt angezeigt bekam. Die OBU wurde auch auf den Teststrecken in Deutschland, Italien und Frankreich eingesetzt.

Im Januar und Februar 2010 fanden Testfahrten auf der A12 (Inntal Autobahn) statt. Die Technologieakzeptanzmessung wurde anhand von standardisierten Fragebögen durchgeführt. Dabei füllte jeder Testfahrer einen Fragebogen vor der Testfahrt (Erwartung) und einen nach der Testfahrt (Erfahrung) aus. Zusätzlich wurde die Reaktion der Fahrer und Fahrerinnen mittels Pulsmesser und Augenkamera gemessen. Die Testfahrer haben eine durchwegs positive Einstellung bezüglich des Systems. Es wird als nützlich und leicht bedienbar angesehen. Besonders positiv werden die Aspekte der verbesserten Fahrsicherheit und die verbesserte Information über Strassenverhältnisse gesehen. Die Meldungen des Systems sind gut verständlich und zeitlich gut positioniert. Einige Meldungen sollten akustisch hinterlegt sein, einige zusätzliche Empfehlungen beinhalten.

Auf der Teststrecke A 13 Paris - Caen in Frankreich wurden ebenfalls OBU eingesetzt. Wie in Österreich wurden den Fahrern strassen- bzw. verkehrsbezogene Informationen übermittelt. Zusätzliche Anwendungen waren die Evakuierung eines Tunnels sowie ver-

änderliche Geschwindigkeitslimite. Es wurde eingeschätzt, dass die in die Fahrzeuge übermittelten Informationen 40% umfänglicher waren, als von strassenseitigen Wechselsignalen. Um den gleichen Informationsumfang zu erreichen, wären durchschnittlich aller drei Kilometer Wechselsignale bzw. Wechseltextanzeigen erforderlich. Im Vergleich mit dem herkömmlichen Autoradio wurden 75% der Meldungen als nicht relevant eingestuft und herausgefiltert. Zwischen dem Eingang einer die Strecke betreffenden Information und der Abgabe der Meldung in die Fahrzeuge verging durchschnittlich eine Zeit von nur 1, 25 Minuten. Die Ortsangaben bezüglich Unfällen und Baustellen waren wesentlich genauer als bei Radiomeldungen. Generell wurde eine bessere Qualität der für das Verkehrsmanagement erhobenen Daten festgestellt.

Im Projekt **SIM TD** werden mehrere hundert Testfahrzeuge mit Kommunikationseinheiten ("Car Communication Units", CCU) ausgestattet [26]. Hierbei findet die Kommunikation sowohl zwischen den Fahrzeugen als auch mit Kommunikationseinheiten am Straßenrand ("Road Side Unit", RSU) an ausgewählten Verkehrsknotenpunkten statt. Die RSU wiederum stellen eine Verbindung zu Verkehrszentralen her. Die durch die Fahrzeuge gewonnenen lokalen und aktuellen Verkehrsinformationen werden an alle ausgerüsteten Fahrzeuge im Empfangsbereich weitergegeben. Sie stehen auch den Verkehrszentralen zur Verfügung. Dort werden die empfangenen Informationen ausgewertet und an potenziell betroffene Fahrzeuge übermittelt. Jeder teilnehmende Fahrer erhält damit individuelle Informationen über den weiteren Verkehrsablauf auf "seiner" Strecke. So wird ihm das nicht einsehbare Stauende in der vor ihm liegenden Kurve durch einen Warnhinweis ebenso vor Augen geführt wie ein sich erst wenige Minuten zuvor ereigneter Unfall. Versuchsgebiet ist der Ballungsraum Frankfurt/Rhein-Main bis ca. 2012.

PreVENT (Preventive and Active Safety Applications) ist ein breit angelegtes Forschungs- und Entwicklungsprojekt für fahrzeugseitige Sicherheits-, Sensorik- und Kommunikationstechnologien [23]. Einige Aspekte betreffen auch die Fahrzeug- Infrastruktur-Interaktion. In mehr als 25 Demonstrationsanwendungen wurden die einzelnen Entwicklungen getestet.

Das Projekt **SAFESPOT** zielt auf Fahrzeug – Fahrzeug - Kommunikation, bei der sowohl fahrzeuggenerierte Daten als auch strasseninfrastrukturseitig erfasste Daten zusammengeführt und schnell den nächstfolgenden Fahrzeugen übermittelt werden sollen [18].

In den Niederlanden wurde 2010 das Projekt **SPITS** gestartet, das bis 2012 durchgeführt werden soll [18]. Es ist auf drei Handlungsebenen angelegt:

- Definition einer offenen und flexiblen Plattform (Schnittstelle) für kooperative Systeme
- Entwicklung einer offenen Plattform (Schnittstelle) für Fahrzeugausrüstungen, die über die Fahrzeugnutzungsdauer hinaus einsetzbar sein soll
- Entwicklung einer Basissoftwarelösung für Anwendungen in privaten und gewerblichen Fahrzeugen zur Nutzung von verkehrsbezogenen Applikationen

In einem Arbeitspaket soll eine Road Side Unit (RSU) als Hard- und Softwarelösung entworfen, entwickelt und gebaut werden, die mit der Strasseninfrastruktur und mit Fahrzeugausrüstungen zusammenwirken kann. Das sind Sensoren verschiedener Art ((Kameras, Radar) und Ortungssysteme. Das Ziel ist, herkömmliche Systeme (Legacy systems) wie Wechselsignale/ Wechseltextanzeigen in kooperative Systeme zu integrieren.

Ziel des Projekts **COM2REACT** in Israel ist die Entwicklung eines Steuerungssystems für den Strassenverkehr, basierend auf bidirektionaler Fahrzeug - Fahrzeug (V2V) und Fahrzeug - Zentrale (V2I) Kommunikation [2]. Das Gesamtsystem baut auf der im EU-Projekt REACT entwickelten Technologie auf und ergänzt diese um die lokale Steuerung von Fahrzeuggruppen (Cluster) durch eine virtuelle Unterzentrale (Virtual Sub-Centre VSC). Durch die Integration der verschiedenen Steuerungsebenen in ein Gesamtsystem ist eine deutliche Verbesserung des Daten- und Informationsflusses erreichbar.

Ein weiterer wesentlicher Projektinhalt ist die Entwicklung von Anwendungen, durch die sowohl die Verkehrsqualität als auch die Verkehrssicherheit auf Strassennetzen mit und

ohne infrastrukturseitige Sensorik erhöht wird. Die virtuelle Subzentrale bedeutet nicht, dass strassenseitigen Ausrüstungen der dynamischen Signalisierung überflüssig wären.

Es wurde der Beispielfall eines Unfalls auf dem linken von zwei Fahrstreifen simuliert. Die Ergebnisse zeigen, dass bei zunehmender Penetration der Fahrzeuge mit den entsprechenden Ausrüstungen der Fahrstreifenwechsel rechtzeitig und ohne wesentliche Geschwindigkeitseinbrüche möglich wäre.

SMARTWAY 2007 ist ein japanisches Forschungs- und Entwicklungsprojekt für kooperative Systeme [18]. In der ersten Phase wurden bis 2007 nicht öffentliche Testanwendungen mit 60 Fahrzeugen auf speziellen Testkursen im Grossraum von Tokio durchgeführt und Grundlagen für fahrzeugseitige und internetbasierte Verkehrsinformationen geschaffen. In der seit 2008 laufenden zweiten Phase sollen die Testfelder auf weitere Grossstädte ausgedehnt und Pilotanwendungen für Fahrzeug – Infrastruktur- Interaktionen entstehen, u. a. zur Stauwarnung, zur Information über den Strassenzustand und über Gefahren in Tunnel. Ein weiteres Anwendungsgebiet ist die verkehrliche und monetäre Abwicklung des ruhenden Verkehrs (Smart Parking).

In den USA wurde auf dem Gebiet der Kooperativen Systeme die multimodale Initiative **IntelliDrive** begonnen [18]. Sie löst das 2003 vom U.S. Transportministerium gestartete Projekt Vehicle- Infrastructure- Integration (VII) ab. Bei diesem verfolgte man den V2V Ansatz, bei dem insbesondere im Schwerverkehr ein sehr grosser Anteil der Fahrzeuge entsprechenden Bordausrüstungen bekommen sollte. Das hätte einen Zeitraum von 15 – 20 Jahren erfordert. Aus diesem Grund wurde das Projekt gestoppt und mit IntelliDrive ein neuer Ansatz gewählt, bei dem die Fahrzeug – Infrastruktur- Kommunikation im Vordergrund steht. Die Ziele und Einsatzbereiche entsprechen im Wesentlichen den aus europäischen Projekten her bekannten.

10.3 Schlussfolgerungen

Auf den Gebieten intelligente Fahrzeuge bzw. Strassen sind zahlreiche Entwicklungen in Gang gesetzt und erste Pilotanwendungen gestartet worden. Es dürfte jedoch noch einige Zeit brauchen, ehe die Ergebnisse für die Betreiber von Strasseninfrastruktur planungs- und damit entscheidungsrelevant sind. Unbeschadet dessen sollten Konzepte zu dynamischen Signalisierungen bereits daraufhin geprüft werden, ob die vorgesehenen Massnahmen mittelfristig durch fahrzeugseitige Ausrüstungen und mittel- bis langfristig auch durch kooperative Systeme erfüllbar wären.

Das ist derzeit allerdings nur schwer zu konkretisieren. Sowohl die zu erwartende Marktreife derartiger Technologien und Produkte als auch die notwendige Ausstattungsrate bei den Verkehrsteilnehmenden sind nicht bekannt.

Die Einsatzfelder der Telematikanwendungen werden wie folgt beurteilt (Stand 2008):

Bis 10 Jahre: Anzeige von individuellen Fahrerinformationen und Warnungen über Displays. Die Fahrer behalten trotz Kollisionswarn- und Abstandsregelsystemen die volle Fahrzeugkontrolle. Erste Ansätze zur Kommunikation der Fahrzeuge mit intelligenten Infrastrukturen werden umgesetzt.

Bis 15 Jahre: Die volle Kontrolle bleibt weiterhin beim Fahrer. Fahrzeuge kommunizieren untereinander zur Kollisionsvermeidung, es erfolgt zunehmend eine interaktive Kommunikation mit intelligenten Infrastrukturen.

Bis 20 Jahre: Es entstehen vollautomatisierte kooperative Systeme bestehend aus Fahrzeug und intelligenter Infrastruktur (Fahrwege sowie Leit- und Managementsysteme). Im Dreierspiel von Mensch, Maschine und Umwelt wird generell das Fahrzeug als potenter Faktor für Verbesserungen gesehen und nicht mehr die Infrastruktur [22].

Neben den technischen Fragestellungen treten zunehmend auch rechtliche in den Mittelpunkt der Diskussionen [26]. Dazu gehören u. a. folgende Themen:

- Wer ist für die neuen (virtuellen) Zentralen und deren Informationen verantwortlich?
- Wie sollen verbindliche rechtliche Regelungen zum Strassenverkehr umgesetzt und kontrolliert werden?
- Können fahrzeugseitig abgebildete Signale dieselbe Rechtswirksamkeit haben wie die strassenseitig angeordneten?
- Welche rechtliche und funktionale Wirksamkeit haben Informationen, die zwischen den Fahrzeugen ausgetauscht werden?

Unter Einschluss dieser Fragen und der erwarteten Marktdurchdringung neuer Technologien zeigt die Abbildung 10.4 die Eignung der strassenseitigen Signalisierung, der fahrzeugseitigen Information und der kooperativen Systeme für die Einsatzarten der dynamischen Signalisierung.

Einsatzart	Strassenseitige Signalisierung	Fahrzeugseitige Information	Kooperative Systeme (C2I)
Vorschriftsignale	●	○	●
Gefahrensignale	●	○	●
Hinweissignale	●	○	●
Umleitungswegweisung	●	●	●
Alternativroutenführung	●	●	●
Parkleitsysteme	●	●	●
Ergänzende Informationsanzeigen	●	●	●
Eigenständige Informationsanzeigen	●	●	●

Geeignet
 Bedingt geeignet
 Nicht geeignet

Abb. 10.4 Systemeignung für die Einsatzarten der dynamischen Signalisierung

Aus den vorgängigen Darstellungen lässt sich schlussfolgern:

- Die Tendenz zur weiteren Individualisierung der Verkehrsbeeinflussung und Verkehrsinformation ist eine Tatsache. Sie muss bei der Planung und Realisierung kollektiver strassenseitiger Ausrüstungen berücksichtigt werden.
- Die Aufgabe, die vielen angestrebten Nutzeroptima mit dem netzbezogenen Systemoptimum in Einklang zu bringen, lässt sich nicht ausschliesslich über fahrzeugseitige Ausrüstungen und private Navigationssysteme erfüllen.
- Folglich ist die Flexibilisierung der überwiegend statischen Signalisierung ein erfolgversprechender Ansatz. Daraus leitet sich ab, dass dynamische Signalisierungen auf HVS zweckmässig sind, wenn sie sachgerecht geplant, realisiert und betrieben werden.

11 Fazit

Dynamische Signalisationen werden zur kollektiven Verkehrsbeeinflussung- und/-information eingesetzt, um schnell auf verkehrsrelevante Ereignisse reagieren bzw. präventiv Einfluss nehmen zu können. Infolge dessen erhöht sich die Verkehrssicherheit, wird der Verkehrsfluss stabiler und es tritt eine geringere Umweltbelastung auf. Teilweise kann auch die Intermodalität gefördert werden. Sachgerecht und nutzerfreundlich geplante Ausrüstungen weisen positive wirtschaftliche Effekte für Nutzer und Betreiber auf.

Für die Strukturierung von dynamischen Signalisationen auf Hauptverkehrsstrassen hat sich eine Gliederung nach drei Einsatzarten als zweckmässig erwiesen. Da sind

- dynamische streckenbezogene Signalisierungen,
- Zielführungen und
- Informationsanzeigen.

11.1 Dynamische streckenbezogene Signalisierungen

- Streckenbezogene Signalisierungen sind im Wesentlichen die in der Schweizerischen Signalisationsverordnung (SSV) enthalten Gefahren-, Vorschrift- und Hinweissignale.
- Sie werden durch Wechselsignale mit mehreren Betriebszuständen realisiert. Im Grundzustand wird entweder der Regelablauf, z. B. die zulässige Höchstgeschwindigkeit, angezeigt, oder das Signal bleibt dunkel bzw. leer.
- Signale sollten nur dann dynamisiert werden, wenn das auslösende Ereignis nicht permanent auftritt. Dabei ist die Art des Ereignisses, seine Dauer und Häufigkeit zu beurteilen. Hierfür wurde ein relativer Beurteilungswert erarbeitet.
- Für Ereignisse, die nur für eine bestimmte Frist eine dynamische Signalisierung erfordern, sollte der Einsatz mobiler Wechselsignale geprüft werden.
- Wechselsignale können als Prismen- oder LED- Signale ausgeführt werden. Gefahrensignale sollten technisch überwacht und ein Ausfall sofort feststellbar sein.
- Die Standorte der Signale müssen den Vorgaben der SSV entsprechen. Die Signalinhalte sollten aus 150 m Entfernung eindeutig erkannt werden können und bis 35 m vor dem Aufstellort sichtbar bleiben.

11.2 Dynamische Zielführungen

- Zu den dynamischen Zielführungen gehören Umleitungswegweisungen, Alternativroutenführungen und Parkleitsysteme. Bei Umleitungswegweisungen ist die Stammstrecke gesperrt. Bei Alternativroutenführungen soll der Verkehrsfluss in einem Netz unter Einschluss der Stammstrecke optimiert werden.
- Zielführungen können über-/regional im Rahmen der blauen Wegweisung, städtisch von und zu wichtigen Punkten sowie aus anderen, z. B. umweltbedingten Gründen zweckmässig sein. Für intermodale Lenkungsstrategien sind die Übergangspunkte zum öffentlichen Verkehr zu bestimmen.
- Für Zielführungen ist eine planerische und betriebliche Prüfung der Routenverfügbarkeit notwendig. Planerisch sind die Leistungsfähigkeit, die Trassierung und die Umfeldbedingungen festzustellen. Betrieblich werden im Ereignisfall die tatsächlichen Verkehrsverhältnisse geprüft. Das erfordert eine für die Beurteilung der Verkehrslage ausreichende Ausrüstung mit Verkehrserfassungseinrichtungen.
- Die Zweckmässigkeit von dynamischen Umleitungswegweisungen und Alternativroutenführungen sollte durch die Häufigkeit und Dauer sowie nach den verkehrlichen Wirkungen der auslösenden Ereignisse beurteilt werden.

- „Passive“ Alternativroutenführungen sind Anzeigen, die über verkehrsrelevante Situationen im folgenden Streckenabschnitt informieren, ohne eine Handlungsempfehlung zu geben. Ortskundige Autofahrende wählen daraufhin die für sie geeignete Route selbst. Sind dadurch nicht gewollte Verkehrsverlagerungen in umweltsensible Bereiche zu erwarten, sollte auf derartige Anzeigen verzichtet werden.
- Der Start von Zielführungen befindet sich in der Regel vor Entscheidungspunkten, an denen die Verkehrsteilnehmenden erstmals (um-)gelenkt werden. Diese Punkte müssen an das generelle Wegweisungssystem des jeweiligen Gebiets angepasst werden.
- Für Umleitungs- und Alternativrouten ist die Kontinuitätsregel einzuhalten, wonach ein einmal angezeigtes Ziel durchgehend erscheinen muss. Wenn erforderlich, müssen weitere Anzeigen im Verlauf dieser Routen dynamisiert werden.
- Zielführungen erfordern in der Regel Ausrüstungen auf der Feld- und Steuerebene sowie auf der Prozessleitebene.
- Die Handlungsabläufe von der Ereignisdetektion über die Aktivierung der Zielführung bis hin zur Rückkehr in den Grundzustand lassen sich weitgehend automatisieren. Es ist jedoch zweckmässig, den Prozess mit Operatorunterstützung auszuführen. Damit kann die verkehrliche Wirksamkeit der Massnahmen geprüft und ggf. manuell eingegriffen werden.
- Zielführungen werden oftmals in Verbindung mit anderen Verkehrsbeeinflussungssystemen angewendet, z. B. Lichtsignalanlagen. Dafür müssen technische und betriebliche Schnittstellen und Abläufe festgelegt werden.
- Kommen in einem Gebiet sowohl ein Parkleitsystem als auch eine Umleitungswegweisung bzw. Alternativroutenführung zur Anwendung, sollten sich die Routenempfehlungen nicht widersprechen.
- Für Umleitungswegweisungen kommen häufig Prismenwechselsignale zur Anwendung. Die Signalisierung von Alternativroutenführungen mit der gleichzeitig mehrfachen Anzeige desselben Ziels lässt sich durch zusätzlich zu integrierende Informationen realisieren. Dafür wurde ein Gestaltungsvorschlag erarbeitet.
- Bei der Realisierung von Zielführungen müssen die Anzeigen von Wegweisern und Vorwegweisern übereinstimmen.

11.3 Dynamische Informationsanzeigen

- Dynamische Informationsanzeigen werden unterschieden in ergänzende Informationen zu streckenbezogenen Signalisierungen oder Zielführungen und in eigenständige Informationen zu verkehrsrelevanten Ereignissen.
- Mit ihrer Hilfe können den Verkehrsteilnehmenden umfänglichere Informationen zu verkehrsrelevanten Ereignissen gegeben werden.
- Informationsanzeigen zur Ergänzung von streckenbezogenen Signalisierungen dienen vor allem zur Erhöhung der Verkehrssicherheit. Bei Zielführungen kann mit ihrer Hilfe die Akzeptanz von Routenempfehlungen erhöht werden.
- Ihre Planung erfolgt nach den gleichen Grundsätzen wie für die zugehörigen streckenbezogenen Signale bzw. Zielführungen.
- Eigenständige Informationsanzeigen dienen vor allem den vorsorglichen Informationen über verkehrsrelevante Ereignisse.

- Die Zweckmässigkeit von eigenständigen Informationsanzeigen sollte durch eine Ereignisbeurteilung (Art, Häufigkeit und Dauer, verkehrliche Wirkungen) und durch eine Akzeptanzeinschätzung (Verkehrs- bzw. Mobilitätsverhalten) geprüft werden.
- Dynamische Informationsanzeigen müssen von den Verkehrsteilnehmenden gut erkannt, schnell und eindeutig verstanden werden. Es sollte stets nur soviel wie nötig und nicht soviel wie möglich signalisiert werden.
- Piktogramme entsprechend der SSV und sehr kurze, prägnante Texte erfüllen diese Anforderung. Hierfür wurde ein Gestaltungsvorschlag erarbeitet, der aus einem Grafikblock und einem dreizeiligen Textblock besteht. Lassen sich auf diese Weise nicht alle erforderlichen Informationen anzeigen, sind ggf. zwei Informationsanzeigen nacheinander anzuordnen.
- Für die verkehrspsychologisch als geeignet erscheinende Grösse von Piktogrammen und Texten sowie für die Bestimmung der maximal zu verwendenden Anzahl von Zeichen sollten spezifische Untersuchungen durchgeführt werden.

11.4 Generelles

- Die Beurteilung der Zweckmässigkeit von dynamischen Signalisierungen bezieht sich in der Regel auf den Referenzzustand. Dieser wird charakterisiert durch die statische Signalisierung, den öffentlichen Verkehrsfunk und einen fallweisen Personaleinsatz.
- Bei der wirtschaftlichen Bewertung von strassenseitigen dynamischen Signalisierungen ist zu berücksichtigen, dass sie aus öffentlichen Haushalten finanziert werden. Fahrzeugseitige Ausrüstungen sind weitgehend nutzerfinanziert.
- Mittel- bis langfristig werden sich die stark zunehmenden fahrzeugseitigen Ausrüstungen auf die kollektiven strassenseitigen Signalisationen auswirken.
- So lässt sich das fahrzeugseitige strategiekonforme Routing durch Interaktionen mit den strassenseitigen Ausrüstungen im Sinne des Gesamtnutzens optimieren. Das gilt insbesondere für das Routenwahlverhalten bei Verkehrsüberlastungen.
- Allerdings ist die Entwicklung kooperativer Systeme, bei denen strassenseitige und Fahrzeugausrüstungen zusammenwirken, kurz- bis mittelfristig noch nicht planungsrelevant.
- Das gilt auch für die streckenbezogenen Signalisierungen. Strassenseitige dynamische Signale (Wechselsignale) haben verbindliche rechtliche Wirkung. Fahrzeugseitige Anzeigen werden dieser Bedingung auf absehbare Zeit nicht gerecht.
- Jedoch sollte die Planung neuer eigenständiger Informationsanzeigen für nicht wesentlich verkehrsrelevante Informationen bereits heute eher restriktiv beurteilt werden.

Anhang

Glossar

Betriebskonzept	prozessorientierten Verknüpfung funktionaler Komponenten (systemtechnischen Beschreibungen, betrieblich- organisatorische Festlegungen)
Betriebsleitebene	Überwachung und Bedienung aller Anlagen einer Strecke mittels Betriebsleitreechner hinsichtlich Ereignisse, betrieblichen Aspekten und Funktionsbereitschaft der Anlagen.
Betriebsregime	Festlegungen, welche Betriebszustände zeit- und/ oder ereignisabhängig geschaltet werden, wer das veranlasst, protokolliert und andere Beteiligte informiert.
Betriebszustand	(Betriebszustände der Aktoren) Konfiguration der Signale bzw. Anzeigen in Verbindung mit den jeweiligen verkehrlich bedeutsamen Ereignissen oder Situationen
Dynamische Signalisierung	Signale und Informationen mit wechselnden Betriebszuständen bzw. Inhalten.
Feldebene	Sensoren zur Erfassung physikalischer Grössen und Aktoren zur Umsetzung der Stellbefehle der Steuerebene
Informationsanzeigen	Texte, Signale und Piktogramme machen auf wichtige aktuelle oder kommende Ereignisse im Verkehrsablauf aufmerksam. Die Inhalte betreffen das Verkehrsmanagement, die Verkehrssicherheit oder sind ortsspezifischen und allgemeinen Inhalts.
Kooperative Systeme	Gegenseitiger Austausch von dynamischen Informationen zwischen Fahrzeug und Straßeninfrastruktur
Operatives Verkehrsmanagement	Kurzfristige Auswahl und Umsetzung von Massnahmen der Verkehrsbeeinflussung und Verkehrsinformation.
Prozessleitebene	Überwachung und Bedienung aller Anlagesteuerungen und übergeordnete Steuerung innerhalb eines Abschnitts
Steuerebene	Steuerung, Regelung und Überwachung der Anlagen
Strategisches Verkehrsmanagement	Mittel- bis langfristig ausgerichtete verkehrsorganisatorische und verkehrstechnische Massnahmen, die einen möglichst stabilen und umweltfreundlichen Verkehrsablauf gewährleisten sollen.
Streckenbezogene Signalisierungen	Gefahren-, Vorschrift- und Hinweissignale an einem oder mehreren Querschnitt/en im Streckenverlauf.
Verkehrsbeeinflussung	Beeinflussung des Verkehrs mit dem Verkehrszustand angepassten betrieblichen Massnahmen und Empfehlungen, um den Verkehr sicher und flüssig zu halten, die Effizienz des Verkehrssystems und den Reisekomfort zu steigern und die Umweltbelastung zu senken.
Verkehrsinformation	In Kenntnis setzen der Verkehrsteilnehmer über Sachverhalte, welche vor und während der Fahrt von Bedeutung sein können
Verkehrsmanagement	Gesamtheit aller Massnahmen planerischer, technischer, organisatorischer und rechtlicher Art, die räumlich und zeitlich geeignet sind, den gesamten Verkehrsablauf für Benutzer und Betroffene optimal zu gestalten

Verkehrsleitung	Beeinflussen des Verkehrs durch Massnahmen auf einer Strecke (inkl. Bevorzugung und Beschleunigung von Bussen, Trams und Interventionsdiensten).
Verkehrslenkung	Beeinflussung der Routenwahl in Strassennetzen und Empfehlungen zur Zeit- und Verkehrsmittelwahl
Verkehrssteuerung	Beeinflussung der Verkehrsströme an Knoten und Objekten (mit Hilfe von Lichtsignalen)
Zielführungen	<p>Hinweissignale und Informationsanzeigen in Netzen oder Netzabschnitten zur verbindlichen oder empfehlenden Zielführung.</p> <p>Untergliedert in Umleitungswegweisung (Stammstrecke steht nicht zur Verfügung, Alternativroutenführung (mehr als eine Strecke zum gleichen Ziel verfügbar) und Parkleitsysteme (führen Fahrzeuge im öffentlichen Strassennetz zu freien Parkfeldern)</p>

Abkürzungen

Begriff	Bedeutung
A _i	Anzahl i (numerisch)
ACS	Automobil Club der Schweiz
AG	Aktiengesellschaft
ASP	Abendspitze
ASTRA	Bundesamt für Strassen
ATS	Allgemeine technische Spezifikationen
B	Beurteilungswert B
B xyz	Bundesstrasse (Deutschland)
BAB	Bundesautobahn (Deutschland)
BSA	Betriebs- und Sicherheitsausrüstungen
CO ₂	Kohlendioxid
DATEC	Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni
DAV	Dienstabteilung Verkehr der Stadt Zürich
DETEC	Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication
DS	Dynamische Signalisierungen
DSS	Dynamic signalling systems
dWiSta	Dynamische Wechselwegweisung mit integrierter Stauinformation
DWW	Dynamische Wegweisung
EU	Europäische Union
FGSV	Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen
GIT	Gestione informatizzata del traffico
HLS	Hochleistungsstrassen
HVS	Hauptverkehrsstrassen
IVLZ	Integrierte Verkehrsleitzentrale
K	Kantonale Strasse
LED	Light- Emitting Diode
LOS	Level of Service
LSA	Lichtsignalanlage
LW	Lastwagen
MIV	Motorisierter Individualverkehr
MSP	Morgenspitze
N	Nationalstrasse
OBU	On – Board - Unit
OSR	l'Ordonnance sur la signalisation routière
ÖV	Öffentlicher Verkehr
PLS	Parkleitsystem
P&R	Park and Ride, identisch mit P+R (Parken und Reisen)
PW	Personenwagen
RDS	Radio Data System (verbunden mit TMC zu : RDS-TMC)
RGD	Routes à grand débit
RLZ	Regionale Leitzentrale
RP	Routes principales
RSU	Road Side Unit
SBB	Schweizerische Bundesbahn
SIM	Sichere Intelligente Mobilität (verbunden mit TD zu: SIM ^{TD})
SN	Schweizer Norm
SSV	Schweizerische Signalisationsverordnung

Begriff	Bedeutung
SVG	Strassenverkehrsgesetz
SVI	Schweizerische Vereinigung der Verkehrsingenieure und Verkehrsexperten
TCS	Touring Club Suisse
TD	Testfeld Deutschland (verbunden mit SIM zu: SIM ^{TD})
TLS	Technische Lieferbedingungen für Streckenstationen
TMC	Traffic Message Channel (verbunden mit RDS zu: RDS-TMC)
UVEK	Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation
VLS	Verkehrsleitsystem
VM	Verkehrsmanagement
VM CH	Verkehrsmanagement Schweiz
VMS	Variable Message Signs
VMZ	Verkehrsmanagementzentrale
VRZ	Verkehrsraum Zürich
VSC	Virtual Sub-Centre
VSS	Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute
V2I	Vehicle to Infrastructure
V2V	Vehicle to Vehicle
WS	Wechselsignal
WTA	Wechseltextanzeigen
WWW	Wechselwegweisung
Δ	Differenz- oder Veränderungswert

Literaturverzeichnis

- [1] Ausstattung von Anschlussstellen mit dynamischen Wegweisern mit integrierter Stauinformation- dWiSta, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft V 162, 2007
 - [2] COM2REACT IST – 2004 – 027071, Evaluation of the System Benefit, Dezember 2007 (Projektbeschreibung TU München 2008)
 - [3] Compston, T.: End of the road?; Traffic Technology International January 2012
 - [4] Cooperative Vehicle- Infrastructure Systems, System Concept Definition, November 2007 (www.cvisproject.org)
 - [5] COOPERS - Co-operative Networks for Intelligent Road Safety, Schlussbericht AustriaTech 2010
 - [6] Dynamische Verkehrsinformationstafeln; Reihe Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 916, 2005
 - [7] Dynamische Wegweiser mit integrierten Stauinformationen (dWiSta); Reihe Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 924, 2005
 - [8] eIMPACT Consortium 2008: Socio-economic Impact Assessment of Stand-alone and Co-operative Intelligent Vehicle Safety Systems (IVSS) in Europe (<http://www.tno.nl>)
 - [9] Europäisches Parlament: Direktive „Intelligente Verkehrssysteme im Straßenverkehr und deren Schnittstellen zu anderen Verkehrsträgern“, Text P7_TA(2010)0258, 06.07.2010
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen Köln (FGSV)
- [10] FGSV 311/2007 „Hinweise zur Wirksamkeitsabschätzung und Wirksamkeitsberechnung von Verkehrsbeeinflussungsanlagen“
 - [11] FGSV 121/2008 „RIN – Richtlinien für integrierte Netzgestaltung“
 - [12] FGSV 359/1992 „Hinweise für Steuerungsmodelle von Wechselverkehrszeichenanlagen in Außerortsbereichen“
 - [13] FGSV 373/1996 „Hinweise zu Parkleitsystemen“
 - [14] FGSV 377/2001 „Hinweise für die Planung und den Einsatz von Geschwindigkeitswarnanlagen“
 - [15] FGSV 381/2003 „Hinweise zur Strategieentwicklung im dynamischen Verkehrsmanagement“
 - [16] FGSV 381/1/2011 „Hinweise zur Strategieanwendung im dynamischen Verkehrsmanagement“
 - [17] FGSV 384/ 2003 „Hinweise zu variablen Fahrstreifenzuteilungen“
 - [18] Internetportal IntelliDrive USA über <http://its.dot.gov> (mit Informationen zu SAFESPOT, SPITS und SMARTWAY)
 - [19] Internetportal VAMOS Dresden <http://www.vamosportal.de>
 - [20] Internetportal Parkleitsystem Stadt Basel www.parkleitsystem-basel.ch
 - [21] Internetportal Parkleitsystem Stadt Zürich www.pls-zh.ch
 - [22] Hoppe, F.: Telematikeinsatz im MIV, in: www.forschungsinformationssystem.de, 2010
 - [23] PReVENT - Preventive and Active Safety Applications, Integrated Project, Final report 2008, Daimler AG Sindelfingen
 - [24] Projekt „Sichere Intelligente Mobilität – Testfeld Deutschland“ (sim^{TD}), Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi), Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung (BMWF), 2010
 - [25] Qualitätsmanagementkonzept für den Betrieb der Verkehrsrechnerzentralen des Bundes, Schlussbericht, im Auftrag der Bundesanstalt für Straßenwesen, momatec GmbH Aachen

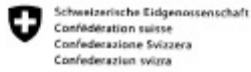
- [26] Riegelhuth, G.: Kooperative Systeme – sicher und staufrei in die Zukunft „Strasse und Verkehr“, Juni 2010
 - [27] Spacek, Lindenmann, Vorlesungsskript Verkehrsbeeinflussungssysteme, ETHZ-IVT 2005
- Vereinigung Schweizer Verkehrsingenieure (SVI)
- [28] SVI 1999/312 „Instrumente für die Planung und Evaluation von Verkehrssystem-Management-Massnahmen“
 - [29] SVI 2004/1078 „Wirksamkeit und Nutzen der Verkehrsinformation“
 - [30] SVI 1999/445 „Verkehrstelematik im Management des Verkehrs in Tourismusgebieten; Möglichkeiten, Anwendungen, Beispiele“
 - [31] SVI 2005/1111 „Betriebsverkehr von Grossanlässen“
 - [32] Verkehrspsychologische Überprüfung der Textinhalte von Wechseltextanzeigen (WTA), Bundesamt für Strassen Bern, Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften, Institut für Angewandte Psychologie, 2008
 - [33] Verkehrstelematik (ITS–CH 2012) Leitbild für die Schweiz im Jahre 2012, Bundesamt für Strassen (ASTRA) Bern, 2005
 - [34] Verkehrstechnische Effekte kollektiver und individueller Zielführung; Reihe Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 815, 2001
 - [35] Vernetzung der automatisiert gewonnenen Verkehrsinformationen des Bundes, des Landes und ausgewählter Großstädte als Voraussetzung für ein integriertes, zuständigkeitsübergreifendes Verkehrsmanagement, FE 77.472/2003, im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung Bonn, 2007
 - [36] Weissert, M.: Temporär Tempo 30 auf Hauptachsen – das Ei des Kolumbus?, Vortragsdokumentation 20.06.2007
 - [37] Wirkungen von individueller und kollektiver on trip Verkehrsbeeinflussung auf den Verkehr in Ballungsräumen, Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie Berlin, Juli 2011
- Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)
- [38] VSS 1997/437 „Verkehrsleitsysteme auf Hochleistungsstrassen“, Forschungsbericht 1999
 - [39] VSS 2001/901 „Qualittraffic- Qualität der Verkehrsinformation“, Forschungsbericht 2005
 - [40] VSS 2006/904 „Abstimmung zwischen individueller Verkehrsinformation und Verkehrsmanagement“, Forschungsbericht August 2010
 - [41] VSS 2008/303 „Modernisierung von Lichtsignalanlagen“, Forschungsbericht 2010
 - [42] SN 640 817d „Signalisation der Haupt- und Nebenstrassen, Wegweiser und Darstellung“
 - [43] SN 640 027 „Projektbearbeitung Planungsstudie“
 - [44] SN 640 028 „Projektbearbeitung, Vorprojekt“
 - [45] SN 640 029 „Projektbearbeitung, Definitives Projekt“
 - [46] SN 640 781 „Verkehrsmanagement Begriffssystematik“
 - [47] SN 640 803 „Verkehrsbeeinflussung auf Autobahnen und Autostrassen, Wechsel-signale“
 - [48] SN 640 804 „Verkehrsbeeinflussung auf Autobahnen und Autostrassen, Wechselwegweisung“
 - [49] SN 640 805 „Verkehrsbeeinflussung auf Autobahnen und Autostrassen, Wechseltextanzeigen“
 - [50] SN 640 823 „Signale, Entfernungstafeln“
 - [51] SN 640 846 „Signale, Anordnung an Haupt- und Nebenstrassen“
 - [52] SN 641 820 „Kosten/Nutzen - Analysen im Strassenverkehr, Grundnorm“
 - [53] SN 641 822 „Kosten/Nutzen - Analysen im Strassenverkehr, Zeitkosten im Personenverkehr“

- [54] SN 641 823 „Kosten/Nutzen - Analysen im Strassenverkehr, Zeitkosten im Güterverkehr“
- [55] SN 641 827 „Kosten/Nutzen - Analysen im Strassenverkehr; Betriebskosten von Strassenfahrzeugen“
- [56] SN 640 830c „Strassensignale, Schrift“
- [57] SN 671 831 „Strassenverkehrstelematik Grundnorm“
- [58] SN 671 832a „Begriffssystematik Verkehrsmanagement“
- [59] SN 671 833 „Zweckmässigkeitskriterien für Strassenverkehrsinfrastruktureinrichtungen von Strassenverkehrstelematik- Systemen“
- [60] SN 671 955 „Dynamische Parkleitsysteme Grundnorm“
- [61] Strassenverkehrsgesetz (SVG) vom 19. Dezember 1958 (Stand am 1. April 2008)
- [62] Signalisationsverordnung (SSV) vom 5. September 1979 (Stand am 1. Januar 2008)
- [63] Durchgangsstrassenverordnung, vom 18. Dezember 1991 (Stand am 8. Februar 2000)

Bundesamt für Strassen (ASTRA)

- [64] Richtlinie 15003 „Verkehrsmanagement Schweiz, Verkehrstechnische Vorgaben 2008, V 1.03
- [65] Richtlinie 15011 „Wechseltextanzeigen (WTA) - Grundsätze zu Aufbau und Inhalten von Anzeigen“ Ausgabe 2010 V1.01
- [66] Richtlinie 15 012 „Dynamische Wegweisung (DWW), Grundsätze zur Gestaltung und Anordnung“ (Entwurf Oktober 2011)
- [67] Fachhandbuch BSA (Betriebs- und Sicherheitsausrüstungen), 18.05.2009
- [68] Fachhandbuch BSA, Technisches Merkblatt 23 001-11600 Bauteile, Kommunikation & Leittechnik

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: 10.05.2012

Grunddaten

Projekt-Nr.: VSS 2008/304
Projektitel: Dynamische Signalisierungen auf Hauptverkehrsstrassen
Enddatum: 3. Juni 2012

Texte

Zusammenfassung der Projektergebnisse:

Dynamische Signalisierungen (DS) sind bei zeitlich und örtlich wechselnden Strassen-, Umwelt- und Verkehrsbedingungen besser für das Lenken und Leiten des Verkehrs geeignet als statische Signale und werden bereits auf Hochleistungsstrassen (HLS) eingesetzt. Mit dem Forschungsprojekt wurde untersucht, ob und unter welchen Bedingungen die DS auch auf Hauptverkehrsstrassen in grösserem Umfang geplant und umgesetzt werden können.

Auf der Grundlage von nationalen und internationalen Literatur- und Projektrecherchen wurde eine Systematik für dynamische Signalisierungen entwickelt. Diese gliedert sich in die Einsatzarten streckenbezogene Signalisierungen, Zielführungen und Informationsanzeigen. Darauf aufbauend wurde ein genereller Ablauf für die Planung entsprechend der Projektstufen Planungsstudie, Vor- und Definitives Projekt entwickelt. Im Folgenden wurden für jede Einsatzart die spezifischen Bedingungen für ihre verkehrliche Planung sowie die technische und betriebliche Umsetzung untersucht. Die Ergebnisse sind in Typenblättern zusammengefasst worden. Darin werden die möglichen Einsatzbereiche, die realisierbaren Einsatzziele sowie verkehrliche und wirtschaftliche Einsatzkriterien genannt.

Mit einer umfangreichen Literaturrecherche wurden Entwicklungstrends im Bereich der intelligenten Fahrzeuge und der Fahrzeug - Infrastruktur - Kommunikation aufbereitet. Im Ergebnis dessen wird festgestellt, dass DS zumindest mittelfristig für Massnahmen der dynamischen Verkehrsleitung/-lenkung auf HVS wirksam eingesetzt werden können. Für Reiseinformationen ist zu erwarten, dass sich der Trend zu fahrzeugeigenen Systemen weiter verstärkt und hierfür DS eher restriktiv betrachtet werden sollten.

Zielerreichung:

Die im Forschungsgesuch genannten und im Auftrag festgelegten Ziele wurden vollständig erreicht.

Folgerungen und Empfehlungen:

Die Forschungsarbeit hat ein praktisch herangereiftes Problem von grosser verkehrlicher, technischer und wirtschaftlicher Relevanz aufgegriffen und Lösungswege entwickelt.

Die Untersuchung zeigt, dass noch umfängliche Potenziale für dynamische Signalisierungen auf Hauptverkehrsstrassen bestehen, vor allem im regionalen Verkehrsmanagement. Darüber hinausgehende Entwicklungen zu so genannten kooperativen Systemen, können gegenwärtig noch nicht als für die Projektplanung relevant bezeichnet werden.

Publikationen:

ASTRA - Forschungsbericht
Veröffentlichung in "Strasse und Verkehr"

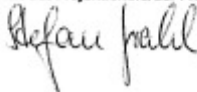
Der Projektleiter/die Projektleiterin:

Name: Dr. Grahl

Vorname: Stefan

Amt, Firma, Institut: Grahl - Beratender Ingenieur für Systeme des Schienen- und Strassenverkehrs

Unterschrift des Projektleiters/der Projektleiterin:



Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen

Bericht- Nr.	Projekt Nr.	Titel	Datum
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

Bericht- Nr.	Projekt Nr.	Titel	Datum
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

Bericht- Nr.	Projekt Nr.	Titel	Datum
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