

# Index

1	Einleitung .....	10
1.1	Problemstellung .....	10
1.2	Ziele der Untersuchung .....	11
1.3	Ablauf der Arbeit .....	11
2	Bestandsaufnahme und Systematisierung geeigneter Verkehrssignale	12
2.1	Vorbemerkungen .....	12
2.2	Gefahrensignale .....	13
2.3	Vorschriftssignale .....	16
2.4	Fahrordnungen, Parkierungsbeschränkungen.....	19
2.5	Vortrittssignale .....	24
2.6	Hinweissignale.....	26
2.7	Wegweisungen .....	29
2.8	Informationshinweise .....	30
2.9	Markierungen.....	30
3	Forschungsaktivitäten, Versuche etc. im Ausland .....	31
3.1	Frankreich.....	31
3.1.1	AIDA.....	31
3.1.2	Alzira .....	31
3.1.3	Tempopilot .....	31
3.2	Grossbritannien .....	32
3.3	Schweden.....	33
3.4	USA .....	33
3.4.1	Cooperative Intelligent Vehicle Highway System (CIVHS).....	33
3.4.2	Piktogramme für Anzeigen im Fahrzeug .....	35
3.5	Japan.....	35
4	Systemkonzepte .....	39
4.1	Dateninhalte.....	39
4.1.1	Fahrbeschränkungen und Fahrverbote .....	40
4.1.2	Vorgaben zu Fahrzeugeigenschaften .....	40
4.1.3	Fahrtrichtungsvorgaben .....	41
4.1.4	Vortrittsregelung .....	41
4.1.5	Geschwindigkeitsvorgaben .....	41
4.1.6	Stoppanweisungen.....	42
4.1.7	Halte- und Parkierungsvorgaben .....	42
4.1.8	Vorgaben zum Fahrverhalten.....	42
4.1.9	Gefahrenhinweise und Warnungen.....	42

4.1.10	Angaben zum Auffinden von Örtlichkeiten.....	43
4.2	Datenübertragung und Interpretation.....	43
4.2.1	DSRC-Systeme .....	43
4.2.2	Autonome Systeme .....	44
4.2.3	Vergleichende Bewertung.....	44
4.3	Datenverwendung.....	45
4.3.1	Direkte Umsetzung .....	45
4.3.2	Anzeige im Fahrzeug.....	46
4.3.3	Warnungen .....	47
4.3.4	Intelligente Geschwindigkeitsanpassung.....	47
4.3.5	Stopautomatik, Reissverschluss.....	48
4.3.6	Fahrzeugnavigation .....	48
4.3.7	Aufzeichnung des Fahrverhaltens .....	49
4.4	Wirkungen.....	50
4.5	Konzepterweiterung: Übertragung von Fahrzeuginformationen.....	52
5	Vorhandene Potenziale .....	54
5.1	Aufwand.....	54
5.1.1	Datenerhebung .....	54
5.1.2	Aufdatierung der Daten.....	55
5.1.3	Datenübertragung.....	55
5.1.4	Einrichtungen im Fahrzeug.....	55
5.2	Nutzen .....	56
5.2.1	Verkehrssicherheit.....	56
5.2.2	Einflüsse auf das Verkehrsgeschehen .....	56
5.2.3	Fahrkomfort .....	57
5.3	Rechtliche Aspekte .....	58
5.4	Einführung .....	59
6	Normierungsbedarf .....	60
7	Schlussfolgerungen und Empfehlungen .....	62

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Übersicht der RTA-Teststrecke [9].....	32
Abbildung 2 Eine der achtzig 5.8 Ghz-Baken [9] .....	32
Abbildung 3 Verkehrssignale, die in der Studie untersucht wurden [4].....	34
Abbildung 4 Filtereinstellung für Auswahl bestimmter Signale [4] .....	34
Abbildung 5 Überwachungs- und Warnsystem für unübersichtliche Strecken [6] .....	35
Abbildung 6 Stau- und Hindernisüberwachung (übersetzt nach [5]).....	36
Abbildung 7 Überwachungs- und Warnsystem für Einmündungen [6].....	36
Abbildung 8 Technische Umsetzung [6].....	37
Abbildung 9 Anlagen in Betrieb (übersetzt nach [5]).....	37
Abbildung 10 Beeinflussungsgrad des Lenkers nach Herkunft der Information [5] .....	38

## Abkürzungen

AHS	Automated Highway Systems
ASC	Adaptive Speed Control
CEN	Comité Européen de Normalisation
DGPS	Differential GPS (siehe GPS)
DSRC	Dedicated Short-Range Communication
EU	Europäische Union
GPS	Global Positioning System
GSM	Global System for Mobile Communication
ISA	Intelligent Speed Adaptation
ISC	Intelligent Speed Control
ISO	International Standardisation Organisation
ITS	Intelligent Transport Systems
SR	Systematische Rechtssammlung
SSV	Schweizerische Signalisationsverordnung
TC	Technical Committee
TMC	Traffic Message Channel
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
UVEK	Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation
VESIPO	Verkehrssicherheitspolitik
VRV	Verkehrsregelnverordnung

## Zusammenfassung

Verkehrssignale stellen ein Schlüsselement zur Kontrolle des Verkehrsgeschehens auf der Strasse dar. Sie werden heute mittels im Strassenraum aufgestellten Verkehrstafeln dem Fahrzeugführer zur Anzeige gebracht. Verkehrstelematik bietet die Möglichkeit, die Information der Verkehrssignale mit elektronischer Datenübertragung in die Fahrzeuge zu übermitteln. Die Verkehrssignale können dadurch dem Fahrzeugführer nicht nur in optimaler Weise angezeigt werden, die Daten stehen auch zur direkten Beeinflussung des Fahrverhaltens zur Verfügung und lassen sich mit passenden Zusatzinformationen anreichern.

Obwohl Einzelanwendungen schon seit längerer Zeit auf internationaler Ebene in der Diskussion sind - als Beispiel sei hier die intelligente Geschwindigkeitsanpassung erwähnt - wurden elektronische Verkehrssignale bisher nicht als einheitliches Anwendungsfeld der Verkehrstelematik wahrgenommen und systematisch untersucht. Die vorliegende Studie analysiert, ausgehend von den in der Schweiz gemäss Signalisationsverordnung gebräuchlichen Verkehrssignalen, wo eine Datenübertragung in die Fahrzeuge sinnvoll ist und welche Anwendungen sich daraus ergeben. Sie entwirft eine Systematik zur Erfassung des Informationsinhaltes jedes Verkehrssignals, stellt die Methoden der Übertragung ins Fahrzeug sowie der Informationsverwendung dar und erläutert die wichtigsten Aspekte der durch elektronische Verkehrssignale erzielbaren Wirkungen.

Auch wenn, wie in der Studie dargestellt, die Kosten und Nutzen elektronischer Verkehrssignale noch nicht abschliessend beurteilt werden können, zeichnet sich doch ein beträchtliches Anwendungspotenzial derselben ab, wobei die erwarteten positiven Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit besonders hervorzuheben sind. Zu klären sind vor der Einführung aber eine Reihe von rechtlichen Fragen, insbesondere die der Haftung.

Elektronische Verkehrssignale weisen einen ausgewiesenen Normierungsbedarf auf. An der Schnittstelle zwischen Strassenbetreiber und Fahrzeugausrüster müssen die zu übertragenden Informationen verbindlich vorgegeben werden, um das vorhandene Anwendungspotenzial wirtschaftlich nutzen zu können. Wichtig ist, dass der Gesamtbereich der Verkehrssignale normiert wird, und nicht nur Einzelanwendungen. Die Normierung muss auf europäischer, gegebenenfalls auch auf weltweiter Ebene erfolgen, da unterschiedliche Systeme in verschiedenen Ländern zu Interoperabilitätsproblemen führen würden. Die Schweiz sollte bei der Europäischen Normenorganisation CEN bzw. der internationalen Normenorganisation ISO die Aufnahme der entsprechenden Arbeiten beantragen und einen aktiven Beitrag dazu leisten.

Die Normierung allein reicht nicht aus für eine erfolgreiche Einführung elektronischer Verkehrssignale. Wichtig ist eine Einführungsstrategie, welche eng auf andere Bereiche des Verkehrssystems abgestimmt ist und mit der EU koordiniert wird. Die Strategie schliesst die Erforschung einer optimalen technischen Umsetzung, Pilot- und Demonstrationsprojekte sowie die Festlegung eines Zeitplans für die verschiedenen Anwendungen ein. Auch auf längere Frist geht es nicht darum, die Verkehrstafeln abzulösen, sondern sie durch die elektronische Übertragung der entsprechenden Information in die Fahrzeuge sinnvoll zu ergänzen.

## Résumé

La signalisation routière est un élément clé pour assurer le contrôle du trafic routier. Elle est aujourd'hui matérialisée sous la forme de panneaux placés dans l'espace-rue à l'intention des conducteurs. La télématique routière permet de transmettre les données de signalisation routière jusque dans les véhicules par voie électronique. D'une part, la signalisation routière est ainsi indiquée au conducteur de manière optimale; de l'autre, elle peut servir à influencer directement la dynamique du véhicule et s'enrichir d'informations complémentaires.

Bien que diverses applications fassent l'objet de discussions internationales depuis un certain temps déjà – citons à titre d'exemple la régulation intelligente de la vitesse – la signalisation routière électronique n'est pas encore perçue comme un champ d'application unitaire de la télématique routière et ne fait pas l'objet d'études systématiques. Fondée sur la signalisation routière utilisée en Suisse conformément à l'ordonnance y relative, la présente étude analyse où la transmission des données à l'intérieur même des véhicules est judicieuse ainsi que les applications qui en découlent. L'étude ébauche un modèle systématique de saisie de l'information des éléments de signalisation routière, présente les méthodes de transmission dans les véhicules, ainsi que l'usage de l'information, puis expose les principaux aspects des effets potentiels de la signalisation électronique.

Même si, comme l'indique l'étude, les coûts et les avantages de la signalisation électronique ne peuvent encore faire l'objet d'une évaluation définitive, un potentiel d'application considérable de la signalisation électronique voit le jour, avec un bénéfice potentiel particulier pour la sécurité routière. Divers points d'ordre juridique doivent cependant faire l'objet de réflexions avant toute introduction, tout spécialement la responsabilité liée aux produits.

La signalisation électronique requiert indéniablement une normalisation poussée. A l'interface connectant les exploitants des routes et les installateurs de systèmes électroniques automobiles, les informations à transmettre doivent être prescrites pour assurer la rentabilité du potentiel d'application. Il faut avant tout que soit normalisé l'ensemble de la signalisation routière et pas uniquement certaines applications isolées. La normalisation doit se faire à l'échelon européen, voire mondial, car la mise en place de systèmes différents d'un pays à l'autre causerait de problèmes d'interopérabilité. La Suisse devrait demander le lancement des travaux nécessaires auprès du Comité Européen de Normalisation CEN et de l'organisme international correspondant (ISO) ainsi qu'y donner une contribution active.

La normalisation à elle seule ne suffit pas à assurer une introduction valable de la signalisation électronique. Il importe avant tout d'élaborer une stratégie favorisant une introduction harmonisée au plus près avec les autres domaines de la circulation routière et coordonnée avec l'Union Européen. La stratégie englobe la prospection d'un mode d'application technique optimal, des projets pilotes, des projets de démonstration et la définition d'un calendrier pour les multiples applications. Même à long terme, il n'est nullement question de remplacer la signalisation routière traditionnelle, mais de la compléter intelligemment par la transmission électronique d'informations appropriées.

## Executive Summary

Traffic signs are a key element of the traffic management on the road network. Today they are presented to the driver on roadside panels. Telematics in transport opens the opportunity to forward the information of traffic signs to the vehicles via electronic data transmission. In addition to the optimized optical presentation of the traffic sign to the driver, the data may be used to directly influence the vehicle behavior and additional information may be supplied.

Some applications like for instance the intelligent speed adaptation are under discussion on the international level for quite some time. But so far electronic traffic signs have not been recognized as a coherent application domain of telematics in transport and have not been investigated systematically. This study uses the traffic signs according to the Swiss traffic sign regulation as a starting point and analyses, in which domains the transmission of the data into the vehicles is useful and what new applications may emerge from this. It introduces a concept to capture the information content of each traffic sign, describes the methods of information transfer to and use in the vehicle, and explains the main aspects relating to the effects caused by electronic traffic signs.

Even though the costs and benefits of electronic traffic signs cannot be reliably estimated yet, the potential of application looks promising. The possible positive effects in traffic safety deserve special mentioning. Prior to the introduction a number of legal aspects have to be clarified, especially those related to product liability.

A need to standardize electronic traffic signs has been identified. Considering the interface between road network operator and vehicle equipment supplier, the information to be exchanged have to be specified, in order to exploit the application potential in an economically optimized way. It is important to standardize the whole domain of traffic signs, and not to restrict to isolated applications. Standardization should take place on a European or even on a worldwide level, as different systems in different countries would cause an interoperability problem. Switzerland should request a new work item at the European standardization committee CEN or at the international standardization organization ISO respectively, and should actively contribute to it.

Standardization is not sufficient for a successful introduction of electronic traffic signs. A deployment strategy is needed, that is harmonized with other traffic domains and coordinated on EU level. This strategy includes research related to an optimized technical implementation, pilot and demonstration projects as well as a road map for the deployment of the various applications. Even in long term it is not the aim to completely substitute the roadside panels, but to complement them with the electronic transmission of the corresponding information into the vehicles.

# 1 Einleitung

## 1.1 Problemstellung

Fragen zur Verkehrssicherheit haben heute grösste Aktualität. Dies zum Glück nicht nur durch spektakuläre Unfälle wie derjenige 2001 im Gotthardtunnel, sondern auch durch verstärkte Bestrebungen, die Schäden durch Unfälle zu vermindern, wie sie durch die in Schweden entwickelte "Vision Zero" zum Ausdruck kommen (Fernziel eines Strassenverkehrs mit null Verkehrstoten und Schwerverletzten), oder durch die Europäische Initiative e-Safety, oder in der Schweiz durch den VESIPO-Bericht (Grundlagen für eine Schweizer Strassenverkehrssicherheitspolitik).

Die Reaktion auf letztgenannten Bericht in der Öffentlichkeit zeigt auch, wie kontrovers das Thema Verkehrssicherheit heute diskutiert wird. Verkehrstelematik, das wird heute in Europa immer mehr akzeptiert, hat das Potential, die Verkehrssicherheit wesentlich zu erhöhen, ohne zum Vornherein mit den grossen Akzeptanzproblemen konfrontiert zu sein, welche Massnahmen in anderen Bereichen innewohnen.

Die vorliegende Untersuchung verfolgt einen möglichen Ansatz zur Verwendung von Verkehrstelematik im Bereich Verkehrssicherheit: Würden die Verkehrsvorschriften konsequent eingehalten, dann gäbe es deutlich weniger Unfälle. Dass Fahrzeugführer diese Vorschriften oft verletzen, muss nicht böse Absicht sein, sondern kann auch auf Unvermögen im Umgang mit den Vorschriften und dem Fahrzeug, auf einen Widerspruch zwischen Strassengestaltung und Vorschrift, Informationsüberfluss, Ablenkung usw. beruhen. Primär geht es also darum, die Fahrzeugführer in der Einhaltung der Vorschriften zu unterstützen<sup>1</sup>.

Verkehrssignale sind ein wesentliches Element zur Umsetzung der Verkehrsvorschriften und damit zur Erhaltung der Verkehrssicherheit sowie zur Beschränkung der durch den Verkehr induzierten Emissionen. Verkehrssignale werden heute an und über der Strasse als Schilder aufgestellt und dem Fahrzeugführer so optisch zur Anzeige gebracht. Die Nichtbefolgung von Verkehrssignalen kann oft zu Unfällen oder übermässigen Immissionen führen.

Verkehrstelematik beruht wesentlich darauf, Informationen zum Verkehr mit Mitteln der Telematik automatisiert zu erfassen und aufzubereiten, um damit die Steuerung des Verkehrssystems zu verbessern und insbesondere die Fahrzeugführer zu unterstützen. Es ist naheliegend, hier auch die Verkehrssignale einzubeziehen. Dies hat unter anderem folgende Vorteile:

- ▶ Die Übermittlung zum Fahrzeug kann zuverlässiger gestaltet werden. Verschmutzung, schlechte Sichtbedingungen etc. können das Wahrnehmen der Verkehrssignale durch den Fahrzeugführer nicht beeinträchtigen.
- ▶ Es kann eine automatische Weiterverarbeitung der Informationen im Fahrzeug stattfinden, damit der Fahrzeugführer auf optimale Weise unterstützt wird. Zum Beispiel kann im Fahrzeug eine Geschwindigkeitsübertretung automatisch festgestellt und dem Fahrzeugführer mitgeteilt werden (Intelligent Speed Adaptation), bei einem bald auf rot umschaltenden Lichtsignal kann der Fahrzeugführer frühzeitig zum Anhalten aufgefordert werden oder in Gefahrenbereichen kann er akustisch gewarnt werden, wenn sein Fahrverhalten unangepasst ist.

---

<sup>1</sup> Wie weit die Fahrzeugführer zur Erhöhung der Verkehrssicherheit auch zur Einhaltung der Vorschriften gezwungen werden sollen, ist eine offene Diskussion, die im Zusammenhang mit der vorliegenden Untersuchung aber nicht von wesentlicher Bedeutung ist. Die Frage wird deshalb bewusst offen gelassen.

- ▶ Es besteht die Möglichkeit der Rückmeldung vom Fahrzeug zum Verkehrssignal, zum Beispiel um bei einem Fahrverbot eine Sonderbewilligung zu präsentieren und sich so Zufahrt zu verschaffen (Zufahrtskontrolle).
- ▶ Die Verkehrssignale können wesentlich differenzierter ausgestaltet werden, als eine optische Ausgestaltung als Verkehrsschild dies erlaubt. Hilfreiche Zusatzinformationen können übermittelt werden und es kann etwa je nach Fahrzeugkategorie oder Fahrtzweck unterschiedliche Information präsentiert werden.
- ▶ Wechselverkehrssignale, welche heute technisch noch sehr limitiert und aufwändig sind, können in wesentlich grösserem Umfang eingesetzt werden. Die Anpassung einer elektronisch übermittelten Information ist viel einfacher als die einer optisch grossflächig angezeigten. Damit werden Verkehrssignale ein wichtiger Bestandteil eines dynamischen Verkehrsmanagements.

Mit der raschen Zunahme „intelligenter“ Systeme in den Fahrzeugen und neuen Verkehrstelematik-Diensten werden nicht nur neue Möglichkeiten im Bereich elektronischer Verkehrssignale erschlossen, es entsteht auch ein grosser Handlungsbedarf insbesondere in der Normierung, um - bevor erste proprietäre Systeme aufkommen - eine Basis für Interoperabilität zu schaffen. Da die Verkehrssignale teilweise länderspezifisch sind, ist nicht nur im Sinne einer Beteiligung an europäischen Initiativen auf die Schweiz bezogen der Handlungsbedarf vorhanden.

## 1.2 Ziele der Untersuchung

Der Forschungsauftrag soll Grundlagen liefern für die Beurteilung der Entwicklungen im Bereich elektronische Verkehrssignale und soll detailliert den Normungsbedarf abklären. Die technischen Optionen der Implementierung sind ebenso aufzuzeigen wie die organisatorischen Aspekte vor dem Hintergrund bestehender rechtlicher Vorschriften.

Falls ein Normungsbedarf spezifisch für die Schweiz ausgewiesen werden kann, ist eine Hauptstudie auszuschreiben, welche den Inhalt einer Norm festlegt. Zudem können und müssen die Resultate einfließen in die Normierung im Rahmen von CEN und ISO.

## 1.3 Ablauf der Arbeit

Die Arbeitsmethodik beruht vor allem auf Literatur- und Internetrecherchen, Interviews mit Experten im In- und Ausland und Brainstorming zur Herleitung der entscheidenden Systemfaktoren (basierend auf der ausgewiesenen Erfahrung des Forschungsteams). Folgende Arbeitsschritte wurden durchgeführt:

- ▶ Zusammenstellung der für elektronische Datenübertragung in Frage kommenden Schweizer Strassenverkehrssignale
- ▶ Zusammenstellung zu bisherigen Forschungsaktivitäten, Versuchen und implementierten Systeme im Ausland
- ▶ Beschreibung der für die Datenübermittlung eingesetzten Systeme und Systembewertung
- ▶ Aufzeigen der Potenziale (Aufwand, Nutzen, Einflüsse auf das Verkehrsgeschehen)
- ▶ Abklären des Normungsbedarfes

## 2 Bestandsaufnahme und Systematisierung geeigneter Verkehrssignale

### 2.1 Vorbemerkungen

Die nachfolgend dargestellten Verkehrssignale sind der Schweizerischen Signalisationsverordnung (SSV) vom 5. September 1979, Stand 15. Oktober 2002 entnommen (SR 741.21). Die Abfolge und Gruppierung der Signale entspricht der SSV. Die Signalnummern sind der SSV entnommen.

Die einzelnen Signale werden kurz erklärt und daraufhin untersucht, ob sie für eine elektronische Übertragung der darin enthaltenen Information geeignet sind. Die verwendeten Kriterien für eine Eignung sind im Hinblick auf eine mögliche Normierung sehr weit gefasst, da Normen auch Festlegungen enthalten können, welche aktuell noch nicht relevant sind, sondern erst in der Zukunft eine Bedeutung erlangen. Als geeignet werden grundsätzlich nur Signale eingestuft, welche für Strassenfahrzeuge (ohne Fahrräder und Motorfahräder) eine Bedeutung haben. Als weitere Voraussetzung muss die elektronische Übertragung ins Fahrzeug dort einen Zusatznutzen gegenüber der optischen Anzeige entlang der Strasse haben. Insbesondere sind als Zusatznutzen berücksichtigt

- ▶ für Signale, welche über eine längere Strecke Gültigkeit haben, dass die Signalinformation im Fahrzeug verfügbar bleibt, während sie beim Signal an der Strasse nach der Vorbeifahrt am Signal nicht mehr vorhanden ist
- ▶ wenn im Fahrzeug eine situationsspezifische Aufbereitung der Information vorgenommen werden kann, beispielsweise in Form einer Warnung, wenn gegen die mit dem Signal verbundene Vorschrift verstossen wird
- ▶ wenn bei der elektronischen Übertragung ergänzende Informationen eingeschlossen werden können, die sich auf dem Signal an der Strasse nicht oder nur schlecht darstellen lassen.







Die übertragbare Zusatzinformation und die mögliche Aufbereitung im Fahrzeug werden bei der Beschreibung der Signale dargestellt. Dabei wird davon ausgegangen, dass die elektronische Information nach Bedarf schon vor Erreichen des Schilderstandortes verfügbar ist (z.B. Warnung vor Fussgängerstreifen).






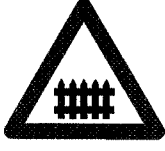

Einige wenige Signale und Gruppen von Signalen wurden bewusst weggelassen. Es handelt sich um

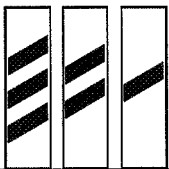






- ▶ Signale, welche ein anderes Signal aufheben. Bei der elektronischen Übertragung kann der Ort der Gültigkeit als ein Attribut übertragen werden (vgl. Kapitel 4.1).
- ▶ Varianten von Signalen ohne wesentlichen zusätzlichen Informationsgehalt wie zum Beispiel Rechts-/ Linksspiegelungen.
- ▶ Zusatztafeln ohne eigenständigen Informationsgehalt, deren Information sich als Attribut der Hauptinformation darstellen lässt.
- ▶ Signale, welche nicht Strassenfahrzeuge betreffen.

Zum Teil werden Gruppen von Signalen auch nur summarisch beschrieben, wenn sich die einzelnen Signale bezüglich Eignung zur elektronischen Übertragung nicht wesentlich unterscheiden. Das gilt insbesondere für Wegweisungen und Markierungen.

## 2.2 Gefahrensignale

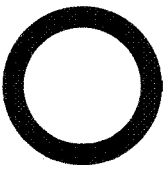
	Warnung vor Kurven, die wegen ihrer Anlage zur Mäßigung der Geschwindigkeit zwingen. Elektronische Übertragung sinnvoll. Mögliche Zusatzinformation: Ort und Beschaffenheit der Kurve (Kurvenprofil, Ausrüstung, Sicht etc. zur Errechnung von Geschwindigkeitsprofilen). Warnung im Fahrzeug, Geschwindigkeitsvorgabe.
1.01 Rechtskurve	
	Siehe 1.01
1.03 Doppelkurve nach rechts beginnend	
	Warnung vor gefährlichem Belag, Spurrillen, Glatteisten- denz. Elektronische Übertragung sinnvoll. Zusatzinfor- mation: Beschaffenheit und Zustand der Fahroberfläche (ortsreferenziert), Witterungsbedingungen (nass, Schnee, Vereisungsgefahr). Warnung im Fahrzeug, Geschwin- digkeitsvorgabe.
1.05 Schleudergefahr	
	Warnung vor Unebenheiten der Fahrbahn (Aufwölbungen, Senkungen). Elektronische Übertragung sinnvoll. Zusatz- information: Ort und Ausprägung der Unebenheiten. War- nung im Fahrzeug, Geschwindigkeitsvorgabe.
1.06 Unebene Fahr- bahn	
	Verengung, welche das Kreuzen erschwert. Elektronische Übertragung sinnvoll. Zusatzinformation: Ort, Län- ge, Breite der Verengung (rechts, links), Restbreite. War- nung im Fahrzeug. Warnung entgegenkommender Fahr- zeuge, Abstimmung des Vortritts, wenn Kreuzen nicht möglich ist.
1.07 Engpass	
	Siehe 1.07
1.08 Verengung rechts	

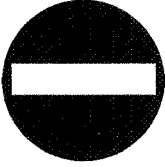





	Warnung vor gefährlichem Gefälle. Elektronische Übertragung sinnvoll. Zusatzinformation: Höhenprofil. Ev. Warnung im Fahrzeug (ab vorgegebenem Grenzwert). Automatische Anpassung Bremsweg bei Kollisionswarnung.
1.10 Gefährliches Gefälle	
	Warnung vor starker Steigung. Siehe 1.10.
1.11 Starke Steigung	
	Warnung vor Splitt auf der Fahrbahn. Nutzen elektronischer Übertragung zweifelhaft. Ev. als Variante von 1.05.
1.12 Rollsplitt	
	Warnung vor Steinschlag oder Steinen auf der Fahrbahn. Elektronische Übertragung sinnvoll. Zusatzinformation: Anfang/ Ende der Steinschlagstrecke, Richtung (rechts/ links), Angaben von automatischer Steinschlagüberwachung. Warnung im Fahrzeug.
1.13 Steinschlag von rechts	
	Warnung vor Baustellen und damit verbundenen Hindernissen, Materialablagerungen, Unebenheiten und Verengungen. Elektronische Übertragung sinnvoll. Materialablagerungen, Unebenheiten und Verengungen analog 1.05, 1.06 und 1.07-1.09. Zusatzinformation: Art der Beeinträchtigung, Dauer. Warnung im Fahrzeug. Warnung der Beschäftigten der Baustelle.
1.14 Baustelle	
	Warnung vor Bahnübergang mit Schranke. Elektronische Übertragung sinnvoll. Zusatzinformation: Ort, Schranke offen/ geschlossen. Warnung im Fahrzeug. Frühzeitiges Anhalten langsamer Fahrzeuge zum Erleichtern des Überholens.
1.15 Schranken	
	Warnung vor Bahnübergang ohne Schranke. Elektronische Übertragung sinnvoll. Zusatzinformation: Ort, Zug kommt. Warnung im Fahrzeug.
1.16 Bahnübergang ohne Schranken	




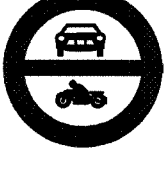

	Distanz zum Bahnübergang. In 1.15 zu integrieren.
1.17 Distanzbaken	
	Warnung vor Strassenbahnen. Analog 1.16. Zusätzlich bei Strecken mit Strassenbahn Länge der Strecke, Fahr- richtung der Strassenbahn.
1.18 Strassenbahn	
	Siehe 4.11.
1.22 Fussgängerstrei- fen	
	Mit Kindern auf der Fahrbahn ist zu rechnen. Elektro- nische Übertragung ist sinnvoll. Zusatzinformation: Länge der Strecke, Gültigkeit (Wochentag, Zeit). Warnung im Fahrzeug.
1.23 Schulkinder	
	Mit Wild auf der Fahrbahn ist zu rechnen. Elektronische Übertragung ist sinnvoll. Zusatzinformation: Länge der Strecke. Warnung im Fahrzeug.
1.24 Wildwechsel	
	Warnung vor unbeaufsichtigten Tieren auf der Fahrbahn. Elektronische Übertragung ist sinnvoll. Zusatzinformation: Länge der Strecke, ev. ob Tiere vorhanden sind. Warnung im Fahrzeug.
1.25 Tiere	
	Warnung vor entgegenkommenden Fahrzeugen. Elektro- nische Übertragung ist sinnvoll. Zusatzinformation: Länge der Strecke, bei Ende Einbahn Fahrbahnnutzung, Fahr- streifen. Warnung im Fahrzeug, Warnung von entgegen- kommenden Fahrzeugen.
1.26 Gegenverkehr	






	Ankündigung einer Lichtsignalanlage. Elektronische Übertragung ist sinnvoll. Zusatzinformation: Ort der Anlage, aktuelle Phase, Zeit des Phasenwechsels. Warnung im Fahrzeug. Angabe, ob die Anlage innerhalb der Phase noch passierbar ist. Warnung nachfolgender Fahrzeuge bei Stop.
1.27 Lichtsignale	
	Warnung vor tieffliegenden oder rollenden Flugzeugen. Elektronische Übertragung ist sinnvoll. Zusatzinformation: Länge der Strecke, Angabe, ob Flugzeug kommt. Warnung im Fahrzeug.
1.28 Flugzeuge	
	Warnung vor Stellen mit häufig starkem Seitenwind. Elektronische Übertragung ist sinnvoll. Zusatzinformation: Länge der Strecke, aktuelle Windrichtung und Windstärke. Warnung im Fahrzeug, Anzeige der Windrichtung (rechts/ links) und Stärke.
1.29 Seitenwind	
	Warnung vor Gefahren auf der Fahrbahn, für die kein besonderes Signal besteht. Elektronische Übertragung ist sinnvoll. Zusatzinformation: Art der Gefahr, ev. Länge der Strecke. Warnung im Fahrzeug, Anzeige der Art der Gefahr etc.
1.30 Andere Gefahren	
	Warnung vor stehenden oder langsam fahrenden Fahrzeugkolonnen. Elektronische Übertragung ist sinnvoll. Zusatzinformation: Länge der Strecke, Geschwindigkeit und Stauende bei Staus. Warnung im Fahrzeug, Anpassung der Geschwindigkeit.
1.31 Stau	

## 2.3 Vorschriftssignale


	Verkehr in beide Richtungen für alle Fahrzeuge verboten (ev. mit Ausnahmen). Elektronische Übertragung ist sinnvoll. Zusatzinformation: Art der Ausnahme, Zufahrtskontrollsystem. Warnung im Fahrzeug bei Befahren der Straße, Berücksichtigung bei Routenplanung.
2.01 Allgemeines Fahrverbot in beiden Richtungen	


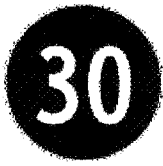
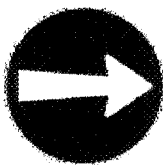

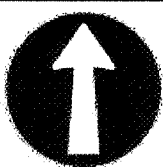

	<p>Einfahrt für alle Fahrzeuge verboten (ev. mit Ausnahmen). Elektronische Übertragung sinnvoll. Zusatzinformation: Art der Ausnahme, zulässige Einfahrtszeiten, Länge der Strecke, benötigte Fahrzeit. Warnung im Fahrzeug bei Befahren der Strasse, Berücksichtigung bei Routenplanung.</p>
<p>2.02 Einfahrt verboten</p>	
	<p>Fahrverbot für Motorwagen (ev. mit Ausnahmen). Analog 2.01.</p>
<p>2.03 Verbot für Motorwagen</p>	
	<p>Fahrverbot für Motorräder (ev. mit Ausnahmen). Analog 2.01.</p>
<p>2.04 Verbot für Motorräder</p>	
	<p>Verbot für Lastwagen (ev. mit Ausnahmen). Analog 2.01.</p>
<p>2.07 Verbot für Lastwagen</p>	
	<p>Verbot für Gesellschaftswagen (ev. mit Ausnahmen). Analog 2.01.</p>
<p>2.08 Verbot für Gesellschaftswagen</p>	
	<p>Verbot für Anhänger. Elektronische Übertragung ist sinnvoll. Warnung im Fahrzeug bei Befahren der Strasse falls Anhänger angehängt, Berücksichtigung bei Routenplanung.</p>
<p>2.09 Verbot für Anhänger</p>	

	<p>Verbot für Anhänger mit Ausnahme von Sattel- und Einachshängern. Analog 2.09. Elektronische Übertragung lässt flexiblere Handhabung von Ausnahmen zu.</p>
<p>2.09.1 Verbot für Anhänger mit Ausnahme von Sattel- und Einachshängern</p>	
	<p>Verbot für Fahrzeuge mit gefährlicher Ladung (ev. mit Ausnahmen). Analog 2.01.</p>
<p>2.10.1 Verbot für Fahrzeuge mit gefährlicher Ladung</p>	
	<p>Verbot für Fahrzeuge mit wassergefährdender Ladung (ev. mit Ausnahmen). Analog 2.01.</p>
<p>2.11 Verbot für Fahrzeuge mit wassergefährdender Ladung</p>	
	<p>Verbot für Motorwagen und Motorräder (ev. mit Ausnahmen). Analog 2.01.</p>
<p>2.13 Verbot für Motorwagen und Motorräder</p>	
	<p>Verbot für Motorwagen, Motorräder und Motorfahrräder (ev. mit Ausnahmen). Analog 2.01.</p>
<p>2.14 Verbot für Motorwagen, Motorräder und Motorfahrräder</p>	

	<p>Fahrverbot für zu schwere Fahrzeuge (ev. mit Ausnahmen). Elektronische Übertragung ist sinnvoll. Zusatzinformation: Art der Ausnahme. Warnung im Fahrzeug bei Befahren der Strasse falls Gewicht erreichbar, Hinweis bei Routenplanung.</p>
2.16 Höchstgewicht	
	<p>Fahrverbot für Fahrzeuge mit zu hohem Achsdruck. Elektronische Übertragung ist sinnvoll. Warnung im Fahrzeug bei Befahren der Strasse falls Achsdruck erreichbar, Hinweis bei Routenplanung.</p>
2.17 Achsdruck	
	<p>Fahrverbot für Fahrzeuge mit zu grosser Breite. Elektronische Übertragung ist sinnvoll. Warnung im Fahrzeug bei Befahren der Strasse falls Breite zu gross, Berücksichtigung bei Routenplanung.</p>
2.18 Höchstbreite	
	<p>Fahrverbot für Fahrzeuge mit zu grosser Höhe. Elektronische Übertragung ist sinnvoll. Warnung im Fahrzeug bei Befahren der Strasse falls Breite zu gross, Berücksichtigung bei Routenplanung.</p>
2.19 Höchsthöhe	
	<p>Fahrverbot für Fahrzeuge mit zu grosser Länge. Elektronische Übertragung ist sinnvoll. Warnung im Fahrzeug bei Befahren der Strasse falls Breite zu gross, Berücksichtigung bei Routenplanung.</p>
2.20 Höchstlänge	





## 2.4 Fahranordnungen, Parkierungsbeschränkungen


	<p>Beschränkung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit. Elektronische Übertragung ist sinnvoll. Zusatzinformation: Strecke/ Gebiet mit der Höchstgeschwindigkeit. Erweiterung: Höchstgeschwindigkeitsprofile. Anzeige im Fahrzeug, Warnung bei Übertretung, anpassbare Geschwindigkeitsbegrenzer.</p>
2.30 Höchstgeschwindigkeit	

	Allgemeine Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h in einem Gebiet. Analog 2.30.
2.30.1 Höchstgeschwindigkeit 50 generell	
	Geschwindigkeit, die im Normalfall nicht unterschritten werden darf (Fahrverbot für Fahrzeuge, die diese Geschwindigkeit nicht erreichen können oder dürfen). Elektronische Übertragung ist sinnvoll. Zusatzinformation: Strecke, Gebiet oder Fahrstreifen mit der Mindestgeschwindigkeit. Warnung bei Unterschreitung, Warnung im Fahrzeug bei Befahren der Strasse falls erreichbare Geschwindigkeit zu gering, Berücksichtigung bei Routenplanung.
2.31 Mindestgeschwindigkeit	
	Das Fahrzeug muss vor dem Signal nach rechts abbiegen (ev. mit Ausnahmen). Elektronische Übertragung ist sinnvoll. Zusatzinformation: Art der Ausnahme. Warnung im Fahrzeug bei falscher Richtungswahl, Berücksichtigung bei Routenplanung.
2.32 Fahrtrichtung rechts	
	Das Fahrzeug muss das Hindernis rechts umfahren. Analog 2.32.
2.34 Hindernis rechts umfahren	
	Das Fahrzeug darf weder nach rechts noch nach links abbiegen. Analog 2.32.
2.36 Geradeausfahren	
	Das Fahrzeug muss rechts abbiegen. Analog 2.32.
2.37 Rechtsabbiegen	



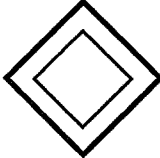

	Das Fahrzeug muss entweder rechts oder links abbiegen. Analog 2.32.
2.39 Rechts- oder Linksabbiegen	
	Das Fahrzeug muss geradeaus fahren oder rechts abbiegen. Analog 2.32.
2.40 Geradeaus oder Rechtsabbiegen	
	Das Fahrzeug muss im Kreis im vorgegebenen Umlaufsinn fahren. Analog 2.32.
2.41.1 Kreisverkehrsplatz	
	Das Fahrzeug darf nicht nach rechts abbiegen. Analog 2.32.
2.42 Abbiegen nach rechts verboten	
	Das Fahrzeug darf mehrspurige fahrende Motorfahrzeuge nicht überholen. Elektronische Übertragung ist sinnvoll. Zusatzinformation: Strecke oder Gebiet der Gültigkeit. Anzeige im Fahrzeug, ev. Warnung bei Überholversuch.
2.44 Überholen verboten	
	Wie 2.44, aber beschränkt auf Lastwagen.
2.45 Überholen für Lastwagen verboten	

	<p>Das Fahrzeug darf nicht wenden (ev. mit Zusatz Streckenlänge). Analog 2.32.</p>
<p>2.46 Wenden verboten</p>	
	<p>Einzuhaltender Mindestabstand für schwere Motorfahrzeuge (ev. mit Zusatz Streckenlänge). Elektronische Übertragung sinnvoll. Warnung bei Unterschreitung.</p>
<p>2.47 Mindestabstand</p>	
	<p>Fahrverbot für Fahrzeuge ohne Schneeketten. Elektronische Übertragung ist sinnvoll. Zusatzinformation: Gebiet oder Strecke. Warnung im Fahrzeug.</p>
<p>2.48 Schneeketten obligatorisch</p>	
	<p>Das Fahrzeug darf nicht freiwillig halten. Elektronische Übertragung ist sinnvoll. Zusatzinformation: Gebiet oder Strecke. Warnung beim Anhalten.</p>
<p>2.49 Halten verboten</p>	
	<p>Das Fahrzeug darf nicht parkieren. Elektronische Übertragung ist sinnvoll. Zusatzinformation: Gebiet oder Strecke. Warnung beim Verlassen des Fahrzeugs.</p>
<p>2.50 Parkieren verboten</p>	
	<p>Geschwindigkeitsbeschränkung auf 20 km/h auf dem Zollamtsplatz und Verpflichtung zum Anhalten, falls das Zollpersonal dies verlangt. Analog 2.30.</p>
<p>2.51 Zollhaltestelle</p>	

	Das Fahrzeug muss anhalten. Analog 3.01.
2.52 Polizei	
	Beschränkung der Höchstgeschwindigkeit auf 30 km/h in einer Zone. Analog 2.30.1.
2.59.1 Zonensignal	
	Nur in Ausnahmefällen Fahrzeugverkehr. Beschränkung der Höchstgeschwindigkeit auf Schritttempo und Vortritt für Fußgänger und Benutzer fahrzeugähnlicher Geräte. Analog 2.01 und 2.30.1.
2.59.3 Fußgängerzone	
	Beschränkung der Höchstgeschwindigkeit auf 20 km/h und Vortritt für Fußgänger und Benutzer fahrzeugähnlicher Geräte. Analog 2.30.1.
2.59.5 Begegnungszone	
	Der bezeichnete Fahrstreifen darf nur durch Busse im öffentlichen Verkehr benutzt werden. Elektronische Übertragung ist sinnvoll. Zusatzinformation: Länge der Strecke. Warnung im Fahrzeug bei Befahren des Fahrstreifens.
2.64 Busfahrbahn	

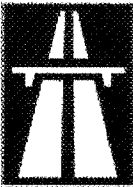

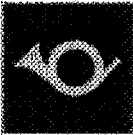
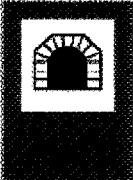
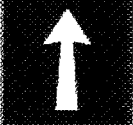
	<p>Der bezeichnete Fahrstreifen darf nur auf die bezeichnete Art befahren werden: rot = gesperrt, grün = frei, gelb = zu verlassen. Zusatzinformation: bei teilweiser Sperrung der Strasse Länge der Strecke, bei voller Sperrung voraussichtliche Dauer. Warnung im Fahrzeug bei Befahren des Fahrstreifens.</p>
<p>2.65 Lichtsignal-System für die zeitweilige Sperrung von Fahrstreifen</p>	

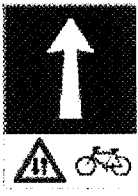
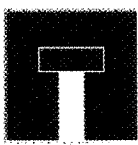
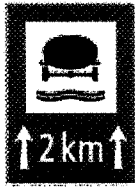



## 2.5 Vortrittssignale



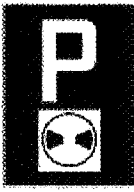



	<p>Die Fahrzeuge müssen vor der Kreuzung anhalten und den Fahrzeugen aus anderen Richtungen den Vortritt gewähren. Elektronische Übertragung ist sinnvoll, auch an die vortrittsberechtigten Fahrzeuge. Warnung, wenn nicht angehalten wird, oder automatisches Anhalten, Warnung an nachfolgende Fahrzeuge beim Anhalten, Warnung der vortrittsberechtigten Fahrzeuge, dass sie sich der Kreuzung nähern.</p>
<p>3.01 Stop</p>	
	<p>Die Fahrzeuge müssen bei der Kreuzung den Fahrzeugen aus anderen Richtungen den Vortritt gewähren. Elektronische Übertragung ist sinnvoll, auch an die vortrittsberechtigten Fahrzeuge. Warnung an nachfolgende Fahrzeuge beim Anhalten, Warnung der vortrittsberechtigten Fahrzeuge, dass sie sich der Kreuzung nähern.</p>
<p>3.02 Kein Vortritt</p>	
	<p>Fahrzeuge haben bei Kreuzungen Vortritt gegenüber Fahrzeugen aus anderen Richtungen. Elektronische Übertragung ist nicht sinnvoll.</p>
<p>3.03 Hauptstrasse</p>	
	<p>Fahrzeuge haben bei der nächsten Kreuzung Vortritt gegenüber Fahrzeugen aus der Querstrasse. Elektronische Übertragung ist sinnvoll. Warnung an nicht vortrittsberechtigten Fahrzeuge, dass sich ein vortrittsberechtigtes Fahrzeug der Kreuzung nähert.</p>
<p>3.05 Verzweigung mit Strasse ohne Vortritt</p>	

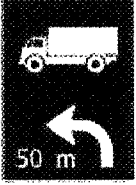


	<p>Bei der nächsten Kreuzung gilt Rechtsvortritt. Elektronische Übertragung ist sinnvoll. Warnung an nachfolgende Fahrzeuge beim Anhalten, Warnung der Fahrzeuge von links, dass sich ein Fahrzeug von rechts der Kreuzung nähert, automatisches Feststellen der Vortrittsberechtigung zwischen den sich nähernden Fahrzeugen.</p>
<p>3.06 Verzweigung mit Rechtsvortritt</p>	
	<p>Das Fahrzeug ist gegenüber den von rechts einfahrenden Fahrzeugen vortrittsberechtigt. Elektronische Übertragung ist sinnvoll. Zusatzinformation: Länge der Einfahrstrecke. Warnung an von rechts kommende Fahrzeuge, automatische Festlegung der Fahrzeugabfolge zwischen den Fahrzeugen ("Reissverschluss").</p>
<p>3.07 Einfahrt von rechts</p>	
	<p>Der Gegenverkehr hat bei der Fahrbahnverengung Vortritt. Elektronische Übertragung ist sinnvoll. Zusatzinformation: Länge und breite der Verengung. Warnung bei Befahren der Verengung, Warnung an entgegenkommende Fahrzeuge, wenn das Fahrzeug schon in der Verengung ist, automatische Festlegung des Vortritts bei von beiden Seiten anfahrenen Fahrzeugen (wechselseitige Verkehrsführung).</p>
<p>3.09 Dem Gegenverkehr Vortritt lassen</p>	
	<p>Das Fahrzeug hat bei der Fahrbahnverengung vor dem Gegenverkehr Vortritt. Elektronische Übertragung ist sinnvoll. Zusatzinformation: Länge und breite der Verengung. Warnung bei Befahren der Verengung, Warnung an entgegenkommende Fahrzeuge, automatische Festlegung des Vortritts bei von beiden Seiten anfahrenen Fahrzeugen (wechselseitige Verkehrsführung).</p>
<p>3.10 Vortritt vor dem Gegenverkehr</p>	

## 2.6 Hinweissignale

	<p>Es gelten die besonderen Bestimmungen für Autobahnen (Höchstgeschwindigkeit, Mindestgeschwindigkeit, Vortritt, Wendeverbot etc.). Elektronische Übertragung ist sinnvoll. Anzeige Höchstgeschwindigkeit im Fahrzeug, Warnung bei Übertretung, anpassbare Geschwindigkeitsbegrenzer, Warnung bei Befahren der Autobahn falls erreichbare Geschwindigkeit zu gering, falls keine Autobahnvignette, Warnung bei falscher Richtungswahl, Warnung beim Anhalten. Warnung beim Verlassen des Fahrzeugs. Warnung an von rechts kommende Fahrzeuge bei Einfahrten, automatische Festlegung der Fahrzeugabfolge zwischen den Fahrzeugen bei Einfahrten ("Reissverschluss"), Berücksichtigung bei Routenplanung.</p>
4.01 Autobahn	
	<p>Es gelten die besonderen Bestimmungen für Autostrassen (Mindestgeschwindigkeit, Vortritt, Wendeverbot etc.). Elektronische Übertragung ist sinnvoll. Warnung bei Befahren der Autostrasse falls erreichbare Geschwindigkeit zu gering, falls keine Autobahnvignette, Warnung bei falscher Richtungswahl, Warnung beim Anhalten. Warnung beim Verlassen des Fahrzeugs. Warnung an von rechts kommende Fahrzeuge bei Einfahrten, automatische Festlegung der Fahrzeugabfolge zwischen den Fahrzeugen bei Einfahrten ("Reissverschluss"), Berücksichtigung bei Routenplanung.</p>
4.03 Autostrasse	
	<p>Zeichen und Weisungen von Fahrzeugen des öffentlichen Linienverkehrs sind zu beachten. Elektronische Übertragung ist sinnvoll. Zusatzinformation: Länge der Strecke, Gebiet, Fahrzeug des öffentlichen Linienverkehrs befindet sich auf der Strecke. Anzeige/ Warnung im Fahrzeug, automatische Übertragung von Zeichen und Weisungen der Fahrzeuge des öffentlichen Linienverkehrs.</p>
4.05 Bergpoststrasse	
	<p>Es gelten die besonderen Bestimmungen für Tunnel (Überholverbot bei einem Fahrstreifen pro Richtung, Wendeverbot, Halteverbot, Licht etc.). Elektronische Übertragung ist sinnvoll. Zusatzinformation: Länge des Tunnels. Anzeige im Fahrzeug, ev. Warnung bei Überholversuch, Warnung beim Anhalten, Warnung beim Verlassen des Fahrzeugs, automatisches Ein-/ Ausschalten des Lichts (falls nicht durchgehend mit Licht gefahren wird).</p>
4.07 Tunnel	
	<p>Die Strasse darf nur in die angezeigte Richtung befahren werden. Analog 2.46.</p>
4.08 Einbahnstrasse	

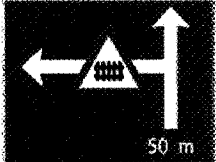
	<p>Die Strasse darf ausser durch Fahrräder nur in die angezeigte Richtung befahren werden. Analog 4.08.</p>
<p>4.08.1 Einbahnstrasse mit Gegenverkehr von Radfahrern</p>	
	<p>Strasse ist nicht durchgehend befahrbar. Es handelt sich um eine Information zum Auffinden von bestimmten Orten. Siehe Kapitel 2.7.</p>
<p>4.09 Sackgasse</p>	
	<p>Für Fahrzeuge mit wassergefährdender Ladung ist auf der angegebenen Streckenlänge besondere Vorsicht geboten. Elektronische Übertragung ist sinnvoll. Warnung in entsprechenden Fahrzeugen.</p>
<p>4.10 Wasserschutzgebiet</p>	
	<p>Standort eines Fussgängerstreifens. Elektronische Übertragung ist bedingt sinnvoll. Warnung im Fahrzeug so, dass der Fahrzeugführer nicht abgelenkt wird (z.B. akustisch) und keine Reizüberflutung entsteht (z.B. Beschränkung auf Gebiete ausserorts).</p>
<p>4.11 Standort eines Fussgängerstreifens</p>	
	<p>Aufforderung zum besonders rücksichtsvollen Fahren. Elektronische Übertragung ist sinnvoll. Zusatzinformation: Streckenlänge bzw. Gebiet. Anzeige/ Warnung im Fahrzeug.</p>
<p>4.14 Spital</p>	
	<p>Langsame Fahrzeuge müssen ausweichen, um schnelle überholen zu lassen. Es handelt sich um eine Information zum Auffinden von bestimmten Orten. Siehe Kapitel 2.7.</p>
<p>4.15 Ausstellplatz</p>	

	Für Nothalte bestimmter Platz. Es handelt sich um eine Information zum Auffinden von bestimmten Orten. Siehe Kapitel 2.7.
4.16 Abstellplatz für Pannenfahrzeuge	
	Parkierungsfläche. Es handelt sich um eine Information zum Auffinden von bestimmten Orten. Siehe Kapitel 2.7.
4.17 Parkieren gestattet	
	Zum Parkieren ist eine Parkscheibe zu verwenden. Elektronische Übertragung ist sinnvoll. Zusatzinformation: Streckenlänge bzw. Gebiet, maximale Parkierungsdauer in Abhängigkeit von der Zeit. Warnung bei Verlassen des Fahrzeugs, ev. elektronische Parkscheibe.
4.18 Parkieren mit Parkscheibe	
	Zum Parkieren ist eine Gebühr zu entrichten. Elektronische Übertragung ist sinnvoll. Zusatzinformation: Streckenlänge bzw. Gebiet, Tarif, maximale Parkierungsdauer in Abhängigkeit von der Zeit. Warnung bei Verlassen des Fahrzeugs, elektronisches Parkgebühreninkasso.
4.20 Parkieren gegen Gebühr	
	Parkhaus. Es handelt sich um eine Information zum Auffinden von bestimmten Orten. Siehe Kapitel 2.7.
4.21 Parkhaus	
	Entfernung und Richtung eines Parkplatzes. Es handelt sich um eine Information zum Auffinden von bestimmten Orten. Siehe Kapitel 2.7.
4.22 Entfernung und Richtung eines Parkplatzes	

	<p>Vorwegweiser für bestimmte Fahrzeugarten. Es handelt sich um eine Wegweisung im Zusammenhang mit Fahrbeschränkungen. Siehe Kapitel 2.3 und 2.7.</p>
<p>4.23 Vorwegweiser für bestimmte Fahrzeugarten</p>	
	<p>Fahrstreifen mit anschliessender Kieswanne zur Benutzung bei Bremsversagen. Elektronische Übertragung ist sinnvoll. Ankündigung im Fahrzeug bei Bremsversagen.</p>
<p>4.24 Notfallspur</p>	
	<p>Parkplatz mit Anschluss an öffentliches Verkehrsmittel. Es handelt sich um eine Information zum Auffinden von bestimmten Orten. Siehe Kapitel 2.7.</p>
<p>4.25 Parkplatz mit Anschluss an öffentliches Verkehrsmittel</p>	

## 2.7 Wegweisungen

Wegweisungen und Informationshinweise über Lokalitäten werden hier nicht einzeln aufgeführt, weil sie alle dem Zweck dienen, bestimmte Orte aufzufinden. Dieser Zweck wird in elektronischen Systemen durch Navigationssysteme übernommen, welche den Zusatznutzen haben, dass sie die Routen automatisch bestimmen. In diesem Sinn sind Navigationssysteme eine elektronische Erweiterung von Wegweisungen und Informationshinweisen über Lokalitäten (siehe Kapitel 4.3.6).

	<p>Integriertes Signal, welches nur bei Benutzung der angegebenen Abzweigung gilt. Elektronische Übertragung: siehe integriertes Signal. Aufbereitung im Fahrzeug: wie integriertes Signal, aber nur wenn das Fahrzeug die angegebene Abzweigung wählt.</p>
<p>4.55 Abzweigende Strasse mit Gefahrenstelle oder Verkehrsbeschränkung</p>	

## 2.8 Informationshinweise

	<p>Strassenzustand. Elektronische Übertragung sinnvoll. Zusatzinformation: Aktuelle Messwerte. Berücksichtigung bei Routenplanung.</p>
<p>4.75 Strassenzustand</p>	
	<p>Anzeige der Fahrstreifen. Elektronische Übertragung ist sinnvoll. Warnung im Fahrzeug, falls es sich auf einem nicht weitergeführten Fahrstreifen befindet, automatische Festlegung der Fahrzeugabfolge zwischen den Fahrzeugen der zusammenlaufenden Fahrstreifen ("Reissverschluss").</p>
<p>4.77 Anzeige der Fahrstreifen</p>	
	<p>Schneeglätte oder vereiste Fahrbahn. Analog 4.75.</p>
<p>5.13 Vereiste Fahrbahn</p>	

## 2.9 Markierungen

Markierungen sind nicht Verkehrssignale im engeren Sinn, enthalten aber wie Letztere wichtige Verkehrsvorschriften. Eine elektronische Übertragung wird dann sinnvoll, wenn sich die Position und Fahrtrichtung der Fahrzeuge so genau bestimmen lässt, dass automatisch festgestellt werden kann, ob eine Markierung überfahren wird. Dann lässt sich das Einhalten der Markierung (insbesondere einer solchen, welche generell nicht überfahren werden darf) überwachen und gegebenenfalls im Fahrzeug warnen.

## **3 Forschungsaktivitäten, Versuche etc. im Ausland**

### **3.1 Frankreich**

#### **3.1.1 AIDA**

In Frankreich werden die nachfolgenden Fahrzeuge durch Elektronische Vignetten auf der Autobahn zwischen Paris und Orleans mit Informationen über den Verkehr und die Strassenbedingungen versorgt. Im Rahmen eines Forschungsprogramms sammeln Sensoren im Fahrzeug Daten, die an der nächsten Mautstation durch die Vorbeifahrt an einer Bake ausgelesen werden. Gleichzeitig werden Daten über den folgenden Strassenabschnitt eingelesen. Aus mehreren Gründen, unter anderem dem Abstand zwischen den Lesestationen und weil sich Fahrer anpassen müssen, wird das AIDA-Projekt als nicht sehr erfolgreich angesehen. An den Schwachstellen wird jedoch gearbeitet und ein Geschäftsmodell für die langfristige Nutzung gesucht. [1]

#### **3.1.2 Alzira**

Im Herbst 2002 beginnen die Versuche für ein Warnsystem, das auf DSRC basiert, in der Nähe von Lyon. Das Alzira-Projekt (*Alerte locale et personnalisée en zone à importants risques d'accidents*) versorgt Fahrer mit lokalen personalisierten Warnungen über gefährliche Situationen. Gleichzeitig wird die Ergonomie der On-Board-Systeme in der Normandie getestet. Im Dezember soll das Projekt abgeschlossen sein. Der verwendete DSRC-Transceiver ist kompatibel mit dem TIS-On-Board-System (*Télépéage Inter Sociétés*), das auf nationaler Ebene die Kompatibilität der elektronischen Mautsysteme sicherstellt.

Unfall- oder Stauwarnungen im folgenden Streckenabschnitt werden über die DSRC Verbindung an den Fahrer gesandt. Die Warnungen werden mit Hilfe von strassenseitigen Verkehrsfluss- und Witterungssensoren generiert. Die Warnungen und Informationen werden an den Fahrer gesandt, wenn die Fahrzeuggeschwindigkeit und Richtung vermuten lassen, dass sich das Fahrzeug einer möglicherweise gefährlichen Situation nähert.

Informationen in Alzira werden in zwei Richtungen gesandt. Daten über die Geschwindigkeit, die Benutzung der Scheinwerfer und der Scheibenwischer werden vom Fahrzeug an ein Kontrollzentrum übertragen und dazu benutzt, Warnungen für nachfolgende Fahrzeuge zu generieren. [7]

#### **3.1.3 Tempopilot**

Zum Teil liefern die Firmen Peugeot und Renault neue Fahrzeuge mit dem sogenannten Tempopilot aus. Die Funktionalität geht über die der gewöhnlichen Geschwindigkeitsregelanlage hinaus, da eine Höchstgeschwindigkeit eingestellt werden kann, die auch dann, wenn die Geschwindigkeitsregelanlage nicht eingesetzt wird, aktiv bleibt.

Der Geschwindigkeitsregler ermöglicht es dem Fahrer (sofern es die Verkehrsbedingungen zulassen), eine konstante Reisegeschwindigkeit einzustellen. Dabei

kann er anschließend den Fuß vom Gaspedal nehmen. Modifizieren lässt sich diese Geschwindigkeit mittels Plus- und Minus-Tasten am Lenkrad. Der Fahrer kann vorübergehend schneller fahren - anschließend findet der Wagen zur eingestellten Geschwindigkeit zurück. Durch Bremsen oder Kuppeln wird das System deaktiviert. Will der Fahrer zur vorher eingestellten Reisegeschwindigkeit zurückkehren, drückt er die RESUME-Taste am Lenkrad.

Am Geschwindigkeitsbegrenzer kann der Fahrer eine Höchstgeschwindigkeit festlegen, die nicht überschritten werden soll. Diese Grenze kann mit 2 Tasten am Lenkrad erhöht bzw. verringert werden. Bei aktiviertem System kann der Fahrer unterhalb der gewählten Höchstgeschwindigkeit die Geschwindigkeit normal erhöhen bzw. vermindern, überschreiten kann er die eingestellte Geschwindigkeit jedoch nicht (das Gaspedal reagiert nicht). Dies ist nur im Notfall möglich indem das Gaspedal über einen gewissen Widerstand hinaus ganz durchtreten wird. Der Geschwindigkeitsbegrenzer kann z. B. im Stadtverkehr oder in Abschnitten mit Geschwindigkeitsbegrenzungen (Baustellen, etc. ...) sehr nützlich sein. [13 und 15]

### 3.2 Grossbritannien

Zwischen London und Swansea installierte die Highway Agency Baken im Rahmen des Road Traffic Advisor Projekts. Ausgerüstete Fahrzeuge werden mit detaillierten Informationen über die Wetterlage und Verkehrsbedingungen, sowie mittels DSRC mit einer Reihe weiterer Informationen, die einen Mehrwert bieten, versorgt. Die Fahrzeuge selbst speisen auch Informationen in das System zurück, so dass das Bild des RTA Systems ergänzt wird. Rechtzeitige Angaben über herannahende Gefahren sollen signifikante Auswirkungen auf die Unfallzahl haben und die Leistungsfähigkeit der Strasse steigern. [1]

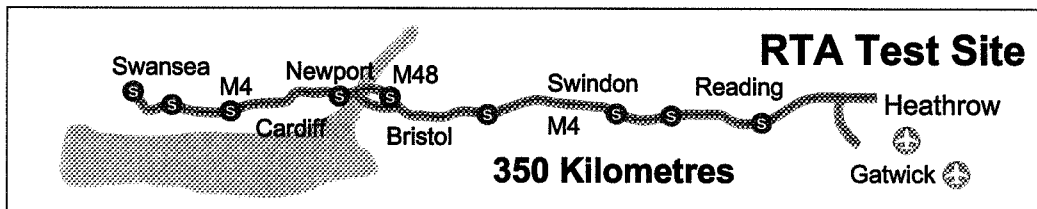


Abbildung 1 Übersicht der RTA-Teststrecke [8]

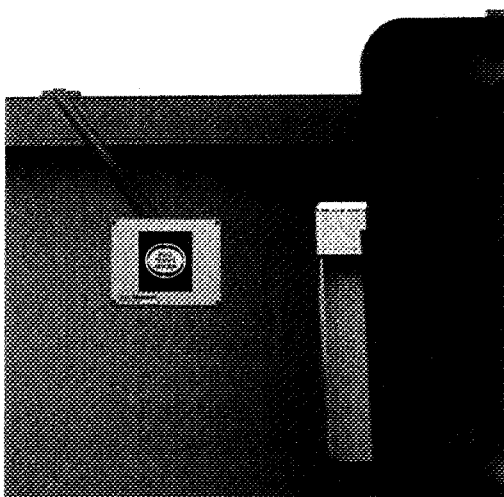


Abbildung 2 Eine der achtzig 5.8 Ghz-Baken [8]

### 3.3 Schweden

ISA (Intelligent Speed Adaption) bzw. ISC (Intelligent Speed Control): In den Jahren 1999 bis 2002 wurden im Rahmen des schwedische Projekts 6'000 Fahrzeuge mit dem Geschwindigkeitskontrollgerät ausgerüstet. Die Tests wurde in den Städten Umea, Borlänge, Lidköping und Lund durchgeführt [5].

Der Versuch in Umea, „Smart Speed“, ist der grösste mit 5'000 Fahrzeugen, die bis Ende 2000 ausgestattet wurden. Die Fahrzeuge (ungefähr 15% der gesamten Flotte in der Stadt) wurden mit einer Fahrzeugeinheit versehen (dem Speed-Checker), die Geschwindigkeitsübertretungen innerhalb der Stadt durch Lichtsignale und Geräusche anzeigte. Die Geschwindigkeitslimite und weitere Informationen über das Netzwerk werden über strassenseitige Transceiver auf das Fahrzeug übermittelt, wobei eine innovative Technik eingesetzt wurde. Durch die Übertragung von „lokalen digitalen Karten“ wurde mit einer begrenzten Zahl an Transceivern (ca. 200 für die Stadt Umea) eine gute Abdeckung des Netzes erreicht. Während der Vorbeifahrt an einem Transceiver wird eine digitale Karte mit Informationen über die nähere Umgebung auf die Fahrzeugeinheit übertragen. Ein wichtiger Vorteil des Systems war, dass die Fahrzeugeinheiten im initialisierten Zustand kein Strassennetz kennen mussten, und dass die Netzinformationen (Änderungen der Geschwindigkeitslimiten) durch die zentrale Systemkontrolle der Transceiver permanent eingespeist wurden. Dadurch wurde das System flexibel und widerstandsfähig gegen Änderungen im Netz.

Die strassenseitige Hardware wurde dort installiert, wo bereits Elektrizität verfügbar war (z.B. Strassenbeleuchtung), so dass die Installationskosten gering gehalten wurden. Mit Hilfe einer Unabhängigen Stromversorgung wurde ein 24h-Betrieb erreicht, selbst wenn das Stromnetz 22 Stunden abgeschnitten war.

Der Versuch wurde mit privaten Fahrzeughaltern durchgeführt. Die Installation der Fahrzeugausrüstung erfolgte zusammen mit der jährlichen Inspektion des Fahrzeugs durch eine nationale Stelle [14].

### 3.4 USA

#### 3.4.1 Cooperative Intelligent Vehicle Highway System (CIVHS)

In Rahmen eines von der Federal Highway Administration (FHWA) beauftragten Forschungsprojekts [2] wird grosser Wert auf die Akzeptanz der neuen Technologie durch den Fahrzeuglenker gelegt. Solche Systeme sollen die Fähigkeiten besitzen die Informationen in andere Aufgaben während der Fahrt zu integrieren und dabei das physische und kognitive Leistungsvermögen des Fahrers beachten. Es zeigte sich, dass das Anzeigen der Verkehrszeichen im Fahrzeug und eine akustische Anzeige sich positiv auf das Leistungsverhalten des Fahrers auswirkt. Jedoch zeigte sich, dass bisher kaum Forschung über multimodale Informationswege (visuell, akustisch), den Montageort eines Anzeigedisplays im Fahrzeug und den idealen Zeitpunkt zur Anzeige im Vergleich zum Standort des externen Verkehrszeichen existiert. Die folgenden Verkehrszeichen wurden in der Studie berücksichtigt:

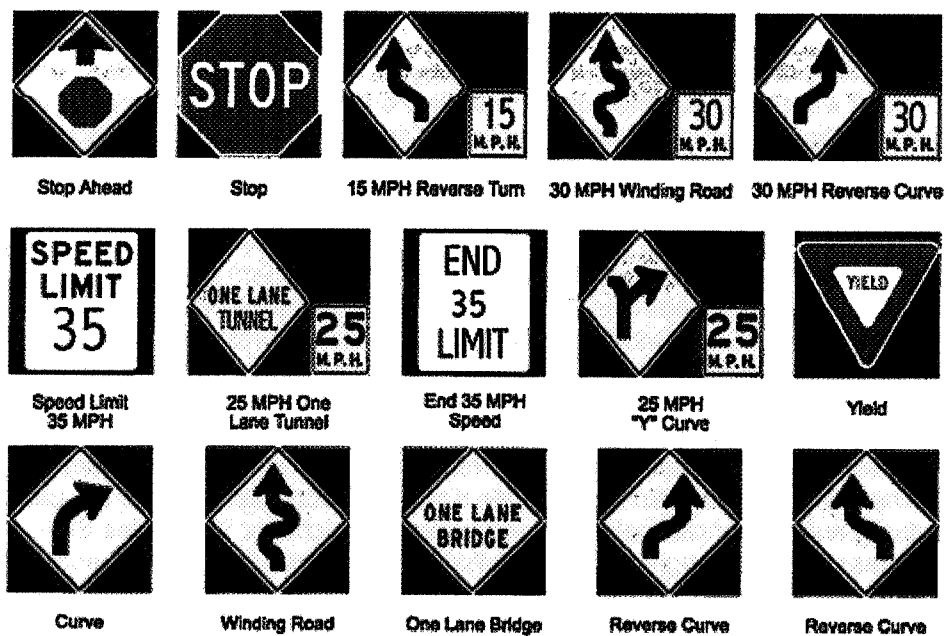


Abbildung 3 Verkehrssignale, die in der Studie untersucht wurden [2]

Zur Steigerung der Akzeptanz wird eine Filterung der anzuzeigenden Informationen angeboten. Damit kann der Fahrer die Verkehrszeichenklassen auswählen, die er visualisiert bekommen möchte. Mit Hilfe dieser Funktion kann einer Reizüberflutung entgegengewirkt werden.

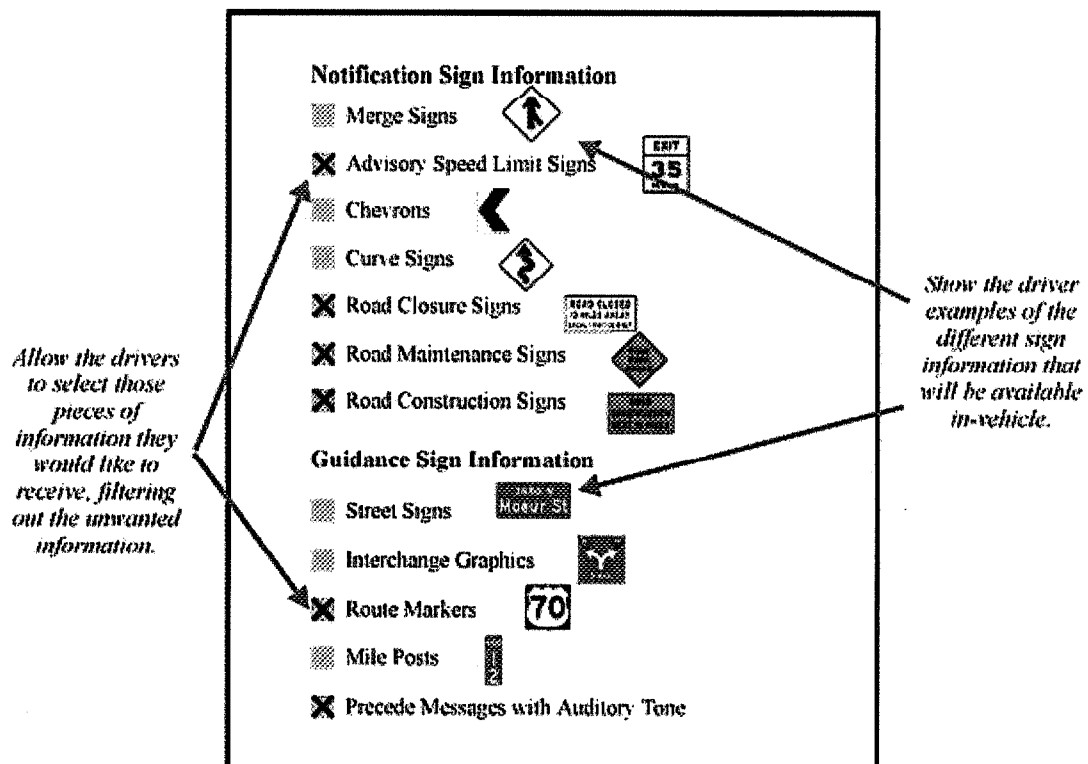


Abbildung 4 Filtereinstellung für Auswahl bestimmter Signale [2]

### 3.4.2 Piktogramme für Anzeigen im Fahrzeug

Das Batelle Human Factors Transportation Center führte im Auftrag des FHWA (Federal Highway Agency) mehrere Studien [2 und 3] über das Design von Piktogrammen für die Anwendung in Fahrzeugen und deren Erkennbarkeit für den Fahrer durch.

Piktogramme gehören zu den ältesten Formen der Kommunikation und haben gegenüber nur textbasierten Anzeigen in Fahrzeugen mehrere Vorteile. Piktogramme können schneller und genauer erkannt werden, benötigen weniger Raum und übermitteln Inhalte über viele Sprachen und Kulturen.

Obwohl Piktogramme offensichtlich für ITS, wie Fahrerinformationssysteme und Kollisionswarnungssysteme, eingesetzt werden können, führen schlecht entworfene Piktogramme zur Verwirrung und zu Fehlern des Fahrers und verschlimmern so die vorhandenen Verkehrsprobleme.

Es werden drei Piktogrammtypen unterschieden: bildbezogene, konzeptbezogene und willkürliche Symbole. Sofern möglich sollten immer bildbezogene Piktogramme verwendet werden. Diese werden direkt verstanden. Ein Beispiel hierfür ist das Stau-Signal. Konzeptbezogene Piktogramme, wie das Verkehrssignal für gefährliches Gefälle, können eingesetzt werden, wenn erwartet werden kann, dass es verstanden wird. Willkürliche Symbole sollten nur dann eingesetzt werden, wenn deren Bedeutung klar ist. Beispiele sind hier: Verkehrssignal "Parkieren verboten" und "Hauptstrasse".

## 3.5 Japan

Forschungsarbeiten zum Automated Highway System (AHS) in Japan sehen die Nutzung von ortsgebundenen dynamischen Verkehrssignalen vor, die zum Beispiel vor Hindernissen warnen können. Gleichzeitig wird die Entwicklung von fahrzeugseitigen Anzeigesystemen vorangetrieben.

Die folgenden Beispiele zeigen mögliche Einsatzfelder: Warnung vor Hindernissen und Kollisionswarnungen an Einmündungen und Kreuzungen. Die Situation wird von ortsfesten Detektoren überwacht, durch einen Rechner interpretiert. Das Ergebnis wird danach in das Fahrzeug übertragen und angezeigt.

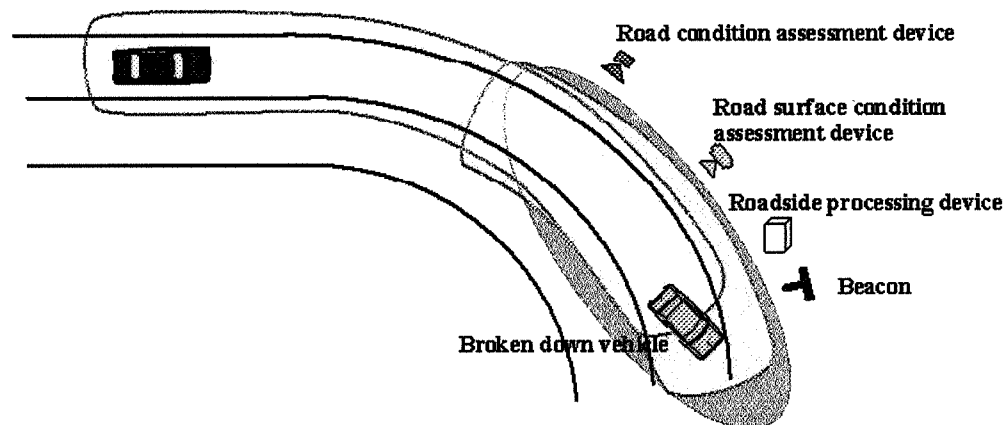


Abbildung 5 Überwachungs- und Warnsystem für unübersichtliche Strecken [12]

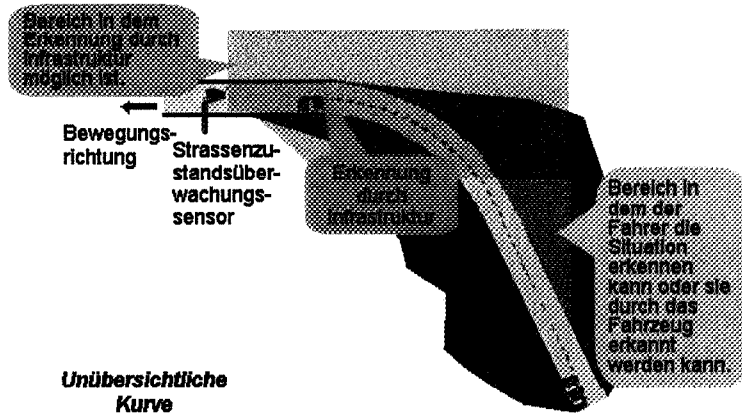


Abbildung 6 Stau- und Hindernisüberwachung (übersetzt nach [11])

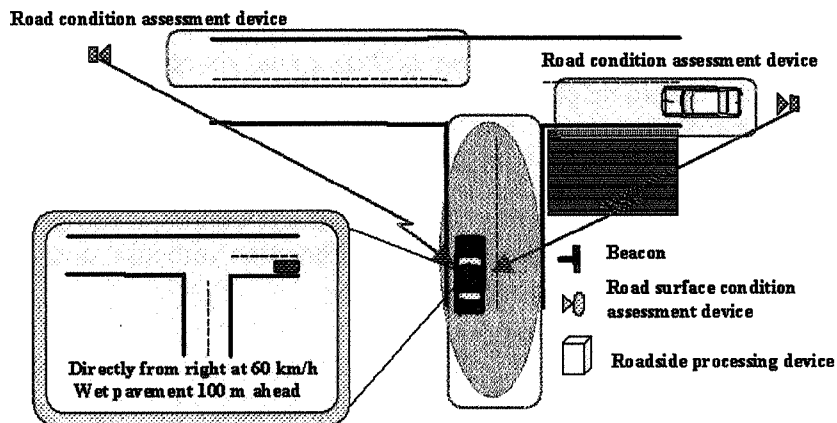


Abbildung 7 Überwachungs- und Warnsystem für Einmündungen [12]

Für die technische Umsetzung sind ortsfeste Detektoren und Kameras vorgesehen. Fahrzeuge können mit Hilfe von GPS und DGPS ihre Position bestimmen. Die Detektoren können zum Beispiel Hindernisse erkennen, Geschwindigkeiten messen oder den Zustand der Fahrbahn kontrollieren. Diese Informationen werden zusammen mit nicht variablen Angaben, wie zum Beispiel Warnungen vor gefährlichen Kurven, auf das Fahrzeuge übertragen.

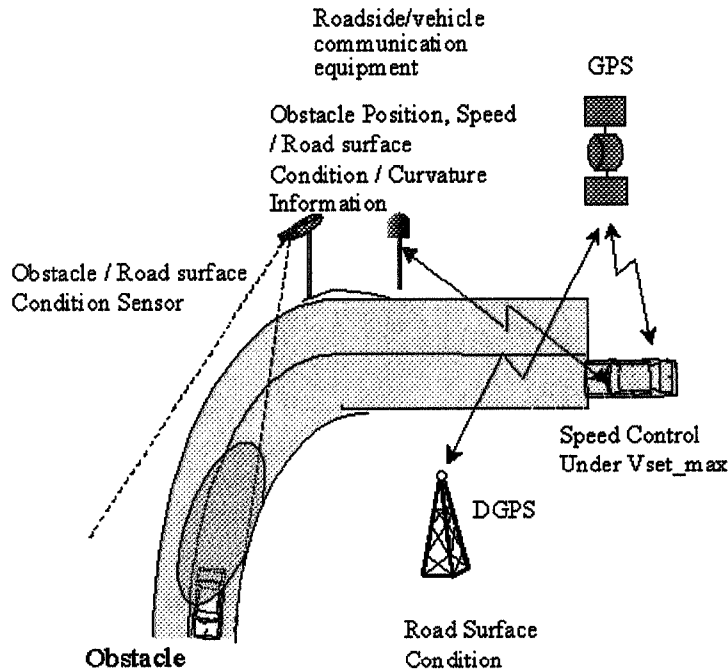


Abbildung 8 Technische Umsetzung [12]

Die folgende Darstellung zeigt wie weit die Umsetzung der Untersuchungsgebiete im Jahr 2001 fortgeschritten ist.

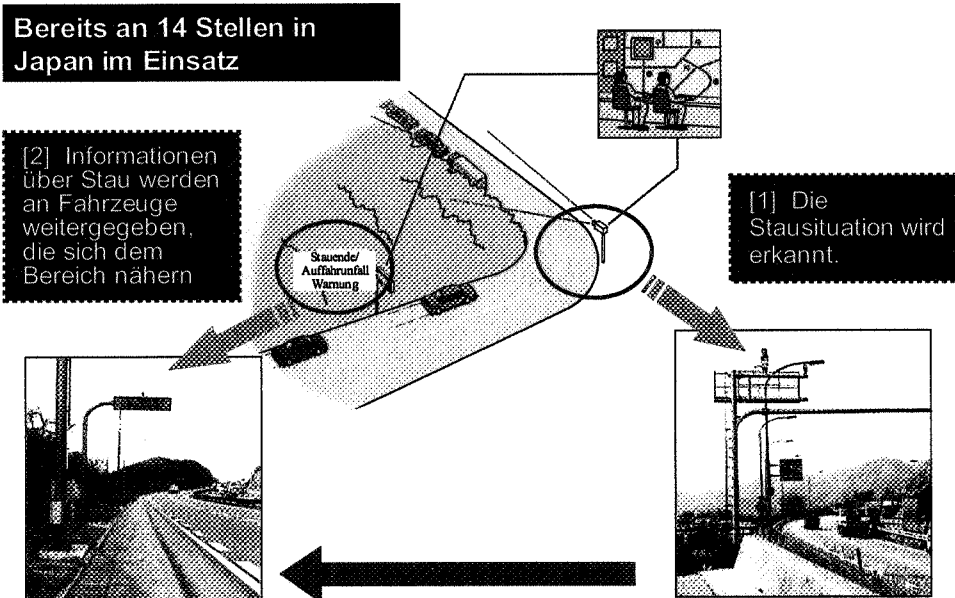
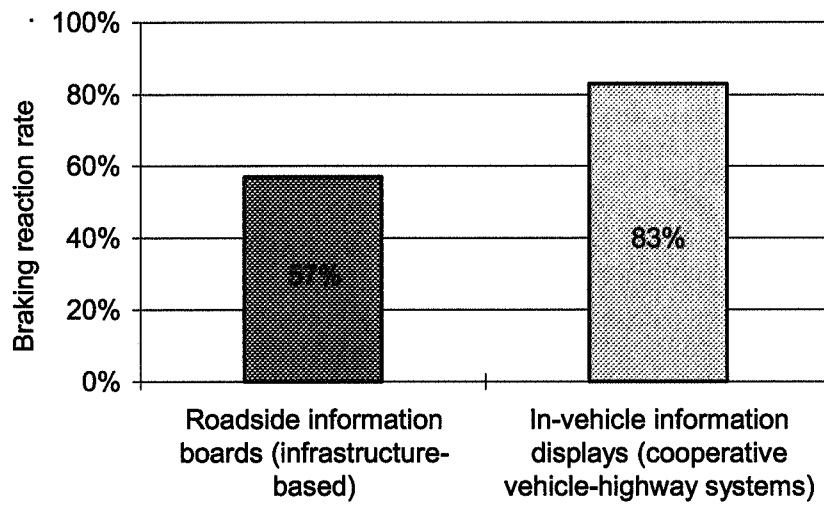


Abbildung 9 Anlagen in Betrieb (übersetzt nach [11])

Die Untersuchungen in Japan umfassen auch das Akzeptanzverhalten der Fahrzeugführer in Bezug auf die Verbreitung der Informationen. Hierbei zeigt sich deutlich, dass Anzeigesysteme im Fahrzeug einen grösseren Einfluss auf den Lenker haben als Anzeigen im Strassenraum. Im Vergleich liegt die Beeinflussbarkeit der Fahrzeugführer durch Anzeigen innerhalb des Fahrzeugs um beinahe 50 Prozent höher.



**Abbildung 10** Beeinflussungsgrad des Lenkers nach Herkunft der Information [11]

## 4 Systemkonzepte

### 4.1 Dateninhalte

Die heutigen Verkehrssignale geben ihre Information an festen Stellen im Strassennetz ab. Die örtliche Gültigkeit der Information kann unterschiedlich sein:

- ▶ Typ A: Sie kann lokal an der Stelle des Signals gelten (z.B. Stop-Signal)
- ▶ Typ B: Sie kann lokal in einer bestimmten Distanz vom Signal weg gelten (z.B. Bahnschranken-Signal)
- ▶ Typ C: Sie kann von der Stelle des Signals an über eine gewisse (fest vorgegebene, als Zusatzinformation angegebene oder ungefähre) Strecke entlang der Strasse gelten (z.B. Wildwechsel-Signal)
- ▶ Typ D: Sie kann von der Stelle des Signals an entlang der Strasse bis zu einem Signal gelten, welches sie aufhebt (z.B. Hauptstrasse-Signal)
- ▶ Typ E: Sie kann für ein ganzes Gebiet gelten, d.h. ab dem Signal bis sie am Rand des Gebietes durch ein entsprechendes Signal wieder aufgehoben wird (z.B. Höchstgeschwindigkeit generell und Zonen-Signal)

Die aufgeführten Typen stellen ein wesentliches Merkmal der Information von Verkehrssignalen dar und die Dateninhalte von elektronischen Verkehrssignalen werden danach differenzieren müssen.

Auch was die zeitliche Gültigkeit betrifft, sind verschiedene Typen von Verkehrssignalen zu unterscheiden:

- ▶ Typ 1: Die Information gilt permanent (z.B. Rechtskurven-Signal).
- ▶ Typ 2: Die Information gilt je nach Zeitpunkt oder Situation. Die Gültigkeit kann sensorisch erfasst werden oder ist durch den Fahrzeugführer zu prüfen (z.B. Stau-Signal, Schleudergefahr)
- ▶ Typ 3: Die Information ändert sich zeitlich in fest vorgegebenem Rhythmus (z.B. zeitlich beschränktes Parkieren, Schulkinder).
- ▶ Typ 4: Die Information wird in ihrer Gültigkeit situationsbedingt verändert (Wechselverkehrszeichen, z.B. variable Höchstgeschwindigkeiten).
- ▶ Typ 5: Die Information wird nur über eine bestimmte Phase signalisiert und gilt nur dann (z.B. Baustellen-Signal)

Für elektronische Verkehrssignale besteht sowohl die Möglichkeit, die Information zur zeitlichen Gültigkeit mit zu übertragen, als auch die Möglichkeit, die Information nur dann zu übertragen, wenn sie Gültigkeit hat.

Ortsparameter und Zeitparameter gemäss der aufgeführten Typisierung lassen sich zur Charakterisierung eines Verkehrssignals kombinieren. So ist zum Beispiel das Steinschlag-Signal vom Typ C2 und das Signal für Parkieren mit Parkscheibe vom Typ E3.

Die Auflistung der Verkehrssignale in der Schweizerischen Signalisationsverordnung (SR 741.21) gliedert sich in Kategorien, welche für die Übertragung auf elektronische Verkehrssignale schlecht geeignet sind, da nicht streng nach funktionalen Kriterien unterschieden wird.

In ihrer beabsichtigten Wirkung auf die Fahrzeuge bzw. Fahrzeugführer können die folgenden Gruppen von Verkehrssignalen unterschieden werden, auf deren Eigenheiten in Bezug auf die elektronisch übertragbare Information näher eingegangen wird. Einzelne Signale enthalten Informationen aus mehreren Gruppen. Jede Gruppe ist durch spezifische zusätzliche Attribute charakterisiert.

### 4.1.1 Fahrbeschränkungen und Fahrverbote

**Zugeordnete Signale:** Allgemeines Fahrverbot in beiden Richtungen (2.01), Einfahrt verboten (2.02), ..., Verbot für Gesellschaftswagen (2.08), Verbot für Tiere (2.12), ..., Höchstlänge (2.20), Radweg (2.60), ... Busfahrbahn (2.64), Lichtsignal-System für die zeitweilige Sperrung von Fahrstreifen (2.65), Autobahn (4.01, 4.02), Autostrasse (4.03, 4.04), Abzweigende Strasse mit Verkehrsbeschränkung (4.55).

**Ortsparameter:** Die Signale sind grundsätzlich vom Typ A. Wer der Fahrbeschränkung unterliegt, darf von der Stelle des Signals an nicht mehr weiter fahren. In der Regel gilt die Information für Gebiete, wobei ein Aufheben der Information (vgl. Typ E) nicht notwendig ist, da die Fahrzeuge, für welche die Beschränkung gilt, das Gebiet gar nicht befahren dürfen, also gar nicht bis zur Aufhebungsinformation gelangen können, während für die übrigen Fahrzeuge die Aufhebungsinformation nicht relevant ist, weil sie ohnehin ungehindert fahren können. Die Aufhebungssignale für Autobahnen und Autostrassen sind nicht wegen der Fahrbeschränkungs-Information notwendig, sondern wegen der Geschwindigkeitsvorgabe-Information und der Vortrittsregelungs-Information. Das Lichtsignal-System für die zeitweilige Sperrung von Fahrstreifen hat Typ C oder D. Da Fahrzeuge auf benachbarten Fahrstreifen noch fahren können, muss hier bekannt sein, ab wo der gesperrte Fahrstreifen wieder befahrbar ist.

**Zeitparameter:** In der Regel sind die Signale vom Typ 1. Möglich sind auch Typ 3 (z.B. Nachtfahrverbote) und Typ 5 (Sperrungen oder Einbahnregelungen bei besonderen Ereignissen). Das Lichtsignal-System für die zeitweilige Sperrung von Fahrstreifen hat fest Typ 5. Für die Zukunft nicht auszuschliessen ist Typ 4 im Rahmen eines dynamisch gehandhabten Access-Control-Systems oder der temporären Benutzung von Standstreifen auf Autobahnen.

**Attribute:** Wesentliches Merkmal zur Typisierung dieser Gruppe sind die betroffenen Fahrzeugkategorien. Dabei ist zu berücksichtigen, dass es bei einigen Signalen einfacher ist, die zugelassenen Fahrzeugkategorien anzugeben, während bei anderen besser die nicht zugelassenen angegeben werden.

Ein weiteres Merkmal ist, ob die Fahrverbote und -beschränkungen Ausnahmen zulassen. Ausnahmen können generell zugelassen werden (z.B. Zubringerdienst) oder von einer Bewilligung abhängig gemacht werden. Im Zusammenhang mit der Handhabung von Ausnahmegewilligungen ergeben sich sinnvolle Erweiterungen der Dateninhalte. Es kann etwa angegeben werden, wo und unter welchen Bedingungen solche Bewilligungen erhältlich sind.

### 4.1.2 Vorgaben zu Fahrzeugeigenschaften

**Zugeordnete Signale:** Verbot für Anhänger (2.09), ... Verbot für Fahrzeuge mit wassergefährdender Ladung (2.11), Schneeketten obligatorisch (2.48, 2.57), Tunnel (4.07).

**Ortsparameter:** Typ C. Schneekettenobligatorium Typ D oder Typ E

**Zeitparameter:** Typ 1, Schneekettenobligatorium Typ 5.

**Attribute:** Es handelt sich um eine spezielle Gruppe von Fahrbeschränkungen, die nicht von der Fahrzeugkategorie, sondern von aktuell vorhandenen Fahrzeugeigenschaften abhängig ist. Wesentliches Merkmal ist die Art der Fahrzeugeigenschaft.

### 4.1.3 Fahrtrichtungsvorgaben

**Zugeordnete Signale:** Fahrtrichtung rechts (2.32), ... Geradeaus oder Linksabbiegen (2.41), Kreisverkehrsplatz (2.41.1), Abbiegen nach rechts verboten (2.42), Abbiegen nach links verboten (2.43), Wenden verboten (2.46) Einbahnstrasse (4.08, 4.08.1), Vorwegweiser für bestimmte Fahrzeugarten (4.23).

**Ortsparameter:** Typ A und Typ B (mit Distanzangabe). Die Einbahnstrasse hat Typ C und ist in dem Sinn eine Fahrtrichtungsvorgabe, als sie das Wenden auf einer längeren Strecke verbietet.

**Zeitparameter:** In der Regel Typ 1. Typ 5 kann eingesetzt werden zur Verkehrsführung bei besonderen Ereignissen.

**Attribute:** Wesentliches Merkmal zur Typisierung dieser Gruppe sind die Fahrtrichtungen. Es können die verbotenen oder die zugelassenen Fahrtrichtungen angegeben werden.

Die Vorgaben können auf bestimmte Fahrzeugkategorien beschränkt werden.

### 4.1.4 Vortrittsregelung

**Zugeordnete Signale:** Bahnübergang ohne Schranken (1.16), Strassenbahn (1.18), Fussgängerstreifen bzw. dessen Standort (1.12, 4.11), Stop (3.01), Kein Vortritt (3.02), Hauptstrasse (3.03, 3.04), ... Vortritt vor dem Gegenverkehr (3.10), Andreaskreuz (3.22-3.25), Autobahn (4.01, 4.02), Autostrasse (4.03, 4.04), Bergpoststrasse (4.05, 4.06). Zusätzlich können die heute nicht gekennzeichneten Kreuzungen mit Rechtsvortritt einbezogen werden.

**Ortsparameter:** In der Regel Typ A und Typ D (Hauptstrasse, Autobahn, Autostrasse). Manchmal auch als Vorankündigung - Typ B.

**Zeitparameter:** Typ 1.

**Attribute:** Wesentliches Merkmal zur Typisierung dieser Gruppe ist die vortrittsberechtigte Fahrtrichtung absolut oder relativ (Rechtsvortritt). Ein weiteres Merkmal sind die vortrittsberechtigten Fahrzeugkategorien und sonstigen Verkehrsteilnehmer (z.B. Fussgänger).

Insbesondere bei Schienenfahrzeugen kann zusätzlich angegeben werden, ob, wo und mit welcher Geschwindigkeit sich ein solches Fahrzeug nähert.

### 4.1.5 Geschwindigkeitsvorgaben

**Zugeordnete Signale:** Höchstgeschwindigkeit (2.30, 2.53), Höchstgeschwindigkeit 50 generell (2.30.1, 2.53.1), Mindestgeschwindigkeit (2.31, 2.54), Zollhaltestelle (2.51), Zone mit Geschwindigkeitsbeschränkung (2.59.1, 2.59.2), Fussgängerzone (2.59.3, 2.59.4), Begegnungszone (2.59.5, 2.59.6), Autobahn (4.01, 4.02), Anzeige von Fahrstreifen mit Beschränkungen (4.77.1).

**Ortsparameter:** Typ C, Typ D und Typ E. Fahrstreifen mit Beschränkungen Typ C.

**Zeitparameter:** Typ 1, in Ausnahmefällen Typ 5 (z.B. bei Baustellen). Bei Verkehrsleitsystemen Typ 4.

**Attribute:** Wesentliche Merkmale sind, ob es sich um eine Höchst- oder (äusserst selten) eine Mindestgeschwindigkeit handelt und die Höhe dieser Geschwindigkeit. Auch können die Limiten auf bestimmte Fahrzeugkategorien beschränkt werden.

Möglich ist bei elektronischer Übertragung eine weitergehende Differenzierung, wobei angegeben wird, von wo bis wo welche Limite gilt. Eine zusätzliche Erweiterung ist die Vorgabe von Fahrprofilen (kontinuierlichen Verläufen der Sollgeschwindigkeit).

#### 4.1.6 Stopanweisungen

**Zugeordnete Signale:** Schranken (1.15), Lichtsignale (1.27), Zollhaltestelle (2.51), Polizei (2.52), Stop (3.01), Wechselblinklicht (3.20), Einfaches Blinklicht (3.21).

**Ortsparameter:** Typ A und Typ B.

**Zeitparameter:** Typ 1 für Stop, Typ 2 für Schranken, Lichtsignale, Zollhaltestelle und Blinklichter, Typ 5 für Polizei und provisorischen Stops und Lichtsignalanlagen.

**Attribute:** Ob permanent oder situationsabhängig. Für situationsbedingte Zustand (ob die Stopanweisung aktuell gilt) und Dauer desselben.

#### 4.1.7 Halte- und Parkierungsvorgaben

**Zugeordnete Signale:** Halten verboten (2.49), Parkieren verboten (2.50), Autobahn (4.01, 4.02), Autostrasse (4.03, 4.04), Tunnel (4.07), Parkieren gestattet (4.17), .... Parkhaus (4.21), Parkplatz mit Anschluss an öffentliches Verkehrsmittel (4.25), Ausnahmen vom Halteverbot (5.10), Ausnahmen vom Parkierungsverbot (5.11).

**Ortsparameter:** In der Regel Typ C. Autobahn und Autostrasse Typ D.

**Zeitparameter:** In der Regel Typ 1. Parkieren mit Parkscheibe Typ 3. Andere Signale können durch Zusatztafeln auch zu Typ 3 werden.

**Attribute:** Ob Halte- oder Parkverbot. Zeitliche Beschränkung und Tarif in Abhängigkeit von der Zeit. Zugelassene Fahrzeugkategorien.

#### 4.1.8 Vorgaben zum Fahrverhalten

**Zugeordnete Signale:** Überholen verboten (2.44, 2.55), Überholen für Lastwagen verboten (2.45, 2.56), Mindestabstand (2.47), Fussgängerzone (2.59.3, 2.59.4), Begegnungszone (2.59.5, 2.59.6), Wasserschutzgebiet (4.10), Spital (4.14), Notfallspur (4.24).

**Ortsparameter:** Typ C oder Typ D/ Typ E (Überholverbot, Fussgängerzone, Begegnungszone).

**Zeitparameter:** Typ 1. Überholverbote können auch Typ 5 sein.

**Attribute:** Art der Vorgabe, bei Mindestabstand zusätzlich Mass. Betroffene Fahrzeugkategorien.

#### 4.1.9 Gefahrenhinweise und Warnungen

**Zugeordnete Signale:** Rechtskurve (1.01), ... Gefährliches Gefälle (1.10), Starke Steigung (1.11), Steinschlag (1.13), Baustelle (1.14), Kinder (1.23), ... Gegenverkehr (1.26), Flugzeug (1.28), .... Stau (1.31), Einbahnstrasse mit Gegenverkehr von Radfahrern (4.08.1), Wasserschutzgebiet (4.10), Abzweigende Strasse mit Gefahrenstelle (4.55), Vereiste Fahrbahn (5.13).

**Ortsparameter:** In der Regel Typ C.

**Zeitparameter:** Typ 1 (1.01 bis 1.11, 4.10), Typ 2 (1.13, 1.23 bis 1.26, 1.28 bis 1.31, 5.13).

**Attribute:** Art der Gefahr. Bei Kurven zusätzlich Krümmung, Strassenneigung. Bei Verengungen zusätzlich Breite. Bei Steigung/ Gefälle zusätzlich grösste Neigung. Information von Sensoren (Steinschlag, Flugzeuge, Seitenwind, Stau, vereiste Fahrbahn etc.).

## 4.1.10 Angaben zum Auffinden von Örtlichkeiten

**Zugeordnete Signale:** Ausstellplatz (4.15), Abstellplatz für Pannenfahrzeuge (4.16), Entfernung und Richtung eines Parkplatzes (4.22), Ortsbeginn auf Hauptstrassen (4.27), ...Betriebswegweiser (4.49), Verkehrsführung (4.52), ... Vorwegweiser bei Kreisverkehrsplatz (4.54), Nummerntafel für Europastrassen (4.56), ... Vororientierung über den Strassenzustand (4.76), Zeltplatz (4.79), ... Gottesdienst (4.91).

**Ortsparameter:** In der Regel Typ A. Entfernung und Richtung eines Parkplatzes, alle Vorwegweiser Typ B. Ortschaften Typ E.

**Zeitparameter:** Typ 1. Umleitungen Typ 5.

**Attribute:** Für Orte Art und Bezeichnung, Distanz und Richtung zum nächsten Ort der gleichen Art. Für Richtungsangaben ist eine Wiedergabe der Information über Attribute möglich, entspricht aber nicht dem Stand der Entwicklung, da Routen aus vektorialen Karten heute ohne Richtungsangaben bestimmt werden können. Dank Navigation wird eine elektronische Übertragung von Richtungsangaben überflüssig.

## 4.2 Datenübertragung und Interpretation

### 4.2.1 DSRC-Systeme

Die Übertragung der Verkehrssignal-Daten erfolgt von einer im Strassenraum (d.h. in der Regel neben oder über der Strasse) aufgebauten Funkstation, einer sogenannten Bake, während der Vorbeifahrt des Fahrzeuges. Im Fahrzeug befindet sich ein Empfangsgerät, welches die Daten aufnimmt. Der Funkstrahl der Bake ist auf einen Kegel gebündelt und die Daten können im Normalfall nur übertragen werden, wenn das Empfangsgerät sich in diesem Kegel befindet. Deshalb kann der "Punkt", an welchem die Daten empfangen werden, als Bezugspunkt für die örtliche Gültigkeit der Daten genommen werden. Zudem können die Baken und Empfänger so ausgerichtet werden, dass die Daten in der Regel nur an die in eine vorgegebene Fahrtrichtung fahrenden Fahrzeuge übertragen werden.

DSRC-Systeme werden heute hauptsächlich für die Erfassung von Strassengebühren eingesetzt. Die in Europa für Verkehrs-Anwendungen reservierte Funkfrequenz liegt im Mikrowellen-Bereich bei 5,8 GHz. In jüngster Zeit werden auch wieder Systeme auf der Basis von Infrarot angeboten. Für Systeme zur Erfassung von Strassengebühren ist in der Regel auch eine Datenübertragung vom Fahrzeug zur Bake notwendig, und bei mehreren nebeneinander fahrenden Fahrzeugen müssen mit ihnen gleichzeitig Daten ausgetauscht werden können (sogenannte Multilane-Systeme). Im Gegensatz dazu können die Informationen der Verkehrssignale auch im Broadcast-Modus übertragen werden, in welchem die Bake das gleiche Datenpaket laufend wiederholt und der Empfänger beim Vorbeifahren ein solches Paket aufnimmt. Dies stellt wesentlich geringere technische Anforderungen an das System.

Die während einer Vorbeifahrt übertragene Datenmenge ist beschränkt. Es ist jedoch davon auszugehen, dass sie für die Übertragung der Information elektronischer Verkehrssignale ausreicht. Eine Verwendung der gleichen Baken auch für andere Anwendungen dürfte jedoch kaum möglich sein. Auf der Basis der vorhandenen Normen (CEN und ISO) können die Daten klar als Verkehrssignal-Informationen gekennzeichnet werden und eine Vermischung mit anderen DSRC-Anwendungen ist ausgeschlossen.

Im Fahrzeug müssen die Daten vom Empfänger zu den passenden Stellen weiter übertragen werden. Das bedeutet, dass der Empfänger eine entsprechende

Schnittstelle benötigt (was bei den DSRC-Geräten zur Erfassung von Strassengebühren in der Regel nicht der Fall ist). Da die örtliche Gültigkeit oft erst ab einer bestimmten Distanz ab dem Übertragungspunkt (insbesondere Typ B) und über eine bestimmte Strecke gegeben ist (Typ C), müssen die Daten mit der Information zur vom Fahrzeug ab dem Bezugspunkt zurückgelegten Distanz (zum Beispiel über Abgriff der Tachometer-Impulse zu erfassen) verbunden werden, oder es muss dort, wo die örtliche Gültigkeit endet, wiederum eine Bake aufgestellt werden.

Für Verkehrssignale mit der zeitlichen Gültigkeit vom Typ 1 und 2 (permanent gültig oder Gültigkeit im Fahrzeug geprüft) kann die Bake als Stand-Alone-Komponente betrieben werden. Für periodische Gültigkeit (Typ 3) muss entweder die Bake mit einer genügend genauen und zuverlässigen Uhr versehen werden, oder sie überträgt die gesamte Information, einschliesslich zeitlicher Gültigkeit, und es wird erst im Fahrzeug mit der aktuellen Zeit verglichen. Für situationsbedingt ändernde Verkehrssignale (Typ 4) ist eine Datenverbindung der Bake zu derjenigen Stelle erforderlich, welche die Gültigkeit vorgibt. Für vorübergehend gültige Signale (Typ 5) müssen die Baken an unterschiedlichen Stellen montierbar und demontierbar sein.

## 4.2.2 Autonome Systeme

Autonome Systeme basieren auf einer Navigationseinrichtung im Fahrzeug, welche die Fahrzeugposition bezogen auf vorgegebene Strassendaten fortlaufend bestimmen kann. Zeitlich feste Verkehrssignal-Informationen oder solche mit periodischer Gültigkeit können - mit den Angaben zur örtlichen Gültigkeit - auf einem Datenträger im Fahrzeug vorgehalten werden, welcher kontinuierlich ausgewertet wird, so dass durch Abgleich der örtlichen Gültigkeit mit der aktuellen Fahrzeugposition die Informationen an den passenden Orten zur Verfügung gestellt werden. Nicht-periodisch veränderliche Informationen können über eine mobile Datenübertragung (z.B. mittels GSM oder UMTS) in das Fahrzeug übertragen werden.

Die Navigationseinrichtung beruht heute üblicherweise auf der Auswertung von GPS in Kombination mit Koppelnavigation (Streckenimpulse ab Tachometer und Richtungsangaben ab Gyroskop). In Zukunft ist damit zu rechnen, dass zusätzliche Navigationssignale zur Verfügung stehen, welche die Zuverlässigkeit und Genauigkeit der Positionsbestimmung verbessern.

Die Datenträger im Fahrzeug müssen bei Änderungen von Verkehrssignalen (oder Strassen) angepasst werden können. Möglich sind einerseits auswechselbare Datenträger mit periodischem Austausch und andererseits Aufdatierungen über mobile Datenübertragung. In der Praxis wird wohl eine Kombination beider Verfahren zur Anwendung kommen.

## 4.2.3 Vergleichende Bewertung

Die beiden Systeme der Datenübertragung und Interpretation unterscheiden sich stark und haben spezifische Vor- und Nachteile in ganz unterschiedlichen Bereichen. Welchem System der Vorzug zu geben ist, kann heute nicht abschliessend beurteilt werden, sondern ist wesentlich auch von äusseren Entwicklungsfaktoren abhängig.

DSRC-Systeme zeichnen sich dadurch aus, dass mit den Funkbaken entlang den Strassen und ihrer Versorgung (Strom, Datenanbindung, Reparatur, Unterhalt) wesentliche Infrastrukturkosten anfallen, die für autonome Systeme nicht benötigt werden, dass aber die Einrichtungen im Fahrzeug (Empfänger, Schnittstellen zum Tachometer) bedeutend weniger aufwändig sind als bei den autonomen Systemen (Navigation, Datenträger, Modul für mobile Datenübertragung). Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass immer mehr Fahrzeuge über die für autonome Systeme benö-

tigten Einrichtungen ohnehin für andere Anwendungen verfügen, und dass diese ohne wesentlichen Zusatzaufwand auch für elektronische Verkehrssignale verwendet werden können.

Die Kosten eines DSRC-Systems sind hauptsächlich durch die Anzahl und Ausstattung der elektronischen Verkehrssignale bestimmt. Die Anzahl Fahrzeuge, welche die Information der Signale beziehen, ist zweitrangig. Bei autonomen Systemen ist es genau umgekehrt. Hier ist die Anzahl der nicht schon ohnehin mit passender Elektronik ausgerüsteten Fahrzeuge massgebend, während die Anzahl Verkehrssignale zweitrangig ist. Gemeinsam ist beiden Systemen, dass Verkehrssignale mit situationsbedingt veränderter zeitlicher Gültigkeit der Information zu erheblichem Mehraufwand führen - bei DSRC-Systemen durch die zusätzliche Datenanbindung der Baken und bei den autonomen Systemen durch die Kosten der mobilen Datenübertragung.

Die Abhängigkeit der fahrzeugseitigen Kosten bei autonomen Systemen von der Fahrzeugausstattung für andere Anwendungen bedeutet, dass zukünftige Entwicklungen im Fahrzeugbereich wesentlich die Kosten mitbestimmen. Auch eine generelle Abhängigkeit von der Preisentwicklung für Elektronik-Komponenten ist festzustellen, wobei diese wiederum bei autonomen Systemen ausgeprägter ist.

Bei autonomen Systemen wird der Hauptkostenträger dem Fahrzeug angelastet und ist damit letztlich durch die Fahrzeugbesitzer zu tragen, während bei DSRC-Systemen die Strassenbetreiber, d.h. in der Schweiz staatliche Stellen den Löwenanteil der Kosten zu tragen haben. Selbstverständlich ist es möglich, durch entsprechende Regelungen diesen Kostenschlüssel in die eine oder andere Richtung zu verändern.

Es ist davon auszugehen, dass sich die Informationen der Verkehrssignale immer wieder verändern. Angepasst wird der Inhalt der Information eines Signals, es werden Signale hinzugefügt, entfernt oder an einen andern Standort verlegt. Beide Systemtypen verhalten sich bezüglich solcher Veränderungen unterschiedlich. Bei DSRC müssen Anpassungen bei den Baken vorgenommen werden: Neukonfiguration, Einrichtung zusätzlicher Baken, Verschiebung oder Entfernung von Baken. Dagegen muss bei den autonomen Systemen - über mobile Datenübertragung oder durch Auswechseln der Datenträger - die Datenbank in den Fahrzeugen angepasst werden.

Die erreichbare Zuverlässigkeit der Datenübertragung mit DSRC ist sehr hoch. In der Praxis limitierend für die Zuverlässigkeit des DSRC-Systems dürften Ausfälle von Baken (einschliesslich Vandalismus) und Empfängern sowie nicht ideale Anordnungen von Baken und Empfängern zueinander sein. Dagegen ist bei autonomen Systemen bezüglich Zuverlässigkeit die Navigation am kritischsten und falsch aufbereitete Daten sind ebenfalls in Betracht zu ziehen.

Wie bereits erwähnt besteht bei DSRC eine Limitierung in der Menge der übertragbaren Daten pro Bake und Vorbeifahrt eines Fahrzeuges. Eine differenziertere Information bedeutet also mehr Baken. Bei den autonomen Systemen ist die Grösse der Datenträger für die Differenzierungsmöglichkeiten der Information ausschlaggebend.

## 4.3 Datenverwendung

### 4.3.1 Direkte Umsetzung

Einige wenige Verkehrssignale enthalten eine Anweisung, welche unmittelbar zu befolgen ist und deshalb im Fahrzeug direkt implementiert werden kann. Zum Beispiel kann in Tunneln automatisch das Abblendlicht eingeschaltet werden, sofern

Tagfahrlicht (vgl. Verkehrsregelverordnung VRV Art. 31 Abs. 5) oder kein Licht eingeschaltet ist. Bei gebührenpflichtigen Parkplätzen kann die Gebühr automatisch abgebucht werden.

### 4.3.2 Anzeige im Fahrzeug

Im Bahnbereich ist die Führerstandssignalisation, die Anzeige der erlaubten Höchstgeschwindigkeit im Führerstand, für Hochgeschwindigkeitszüge über 160 km/h, längst Stand der Technik. Signale entlang der Strecke wären bei diesen Geschwindigkeiten nur schwer ablesbar und die Vorgaben wären zu wenig differenziert, um trotz hoher Zugdichten noch eine wirksame Zugsicherung zu gewährleisten.

Auch der Strassenverkehr könnte von der Anzeige der Verkehrssignale im Fahrzeug profitieren. Heute sind Verkehrstafeln an unterschiedlichen Stellen rechts, links und über der Strasse angeordnet. Obwohl wir uns dessen beim Fahren kaum noch bewusst sind, besteht ein wesentlicher Teil der Aufgabe des Fahrzeugführers darin, Verkehrstafeln aufzufinden und zu interpretieren. Wird die Information der Verkehrssignale an geeigneter Stelle im Fahrzeug angezeigt, so ist sie wesentlich einfacher aufzufinden. Während die Verkehrstafeln in der subjektiven Wahrnehmung durch die Bewegung des Fahrzeugs sich laufend verändern - in der Position, in der Grösse, in der Verzerrung durch unterschiedliche Blickwinkel und in der Helligkeit durch unterschiedlichen Lichteinfall - bleibt die Anzeige im Fahrzeug stabil. Verkehrstafeln können verschmutzt und durch Laub, andere Fahrzeuge, Fussgänger etc. mehr oder weniger abgedeckt sein. Ihre Sichtbarkeit ist zudem abhängig von den Sichtverhältnissen, was dazu führt, dass bei Dunkelheit und starkem Regen oder Schneefall sehr leicht Verkehrssignale übersehen werden. Dagegen ist die Anzeige im Fahrzeug - sofern die Helligkeit der Lichteinstrahlung ins Fahrzeug angepasst wird und Blendwirkungen vermieden werden - immer optimal sichtbar.

Ein Nachteil der Anzeige im Fahrzeug ist, dass der Fahrzeugführer in der Regel durch die Windschutzscheibe das Verkehrsgeschehen verfolgt und dadurch die Anzeige des Verkehrssignals eher am Rande des Gesichtsfeldes hat und auch, um sie zu konsultieren, den Fokus adaptieren muss. Weiter sind mögliche Abdeckungen durch das Lenkrad zu bedenken. Versuche, die Information direkt auf die Windschutzscheibe zu projizieren, ergaben kein befriedigendes Resultat. Wichtig ist vor allem eine gute Anordnung und Ausgestaltung der Anzeige. Wie weit dann die Vorteile diese Nachteile überwiegen, ist in praktischen Versuchen abzuklären. Erste Ergebnisse solcher Versuche zeigen zumindest einen deutlich höheren Beachtungsgrad der im Fahrzeug angezeigten Information gegenüber der von Verkehrsschildern aufgenommenen (vgl. Kapitel 3.5).

Möglich ist auch, gewisse Informationen von Verkehrssignalen im Fahrzeug akustisch auszugeben, ähnlich wie heute die Richtungsanweisungen von Navigationssystemen. So kann sich der Blick uneingeschränkt auf das Verkehrsgeschehen konzentrieren.

Eine Verkehrstafel ist für den Fahrzeugführer genau dann sichtbar, wenn er an ihr vorbeifährt. Dagegen kann die Anzeige im Fahrzeug während einer passenden Zeitdauer erfolgen:

- ▶ Verkehrssignale mit örtlicher Gültigkeit vom Typ B können dort angezeigt werden, wo sie gültig sind, bzw. zur Vorankündigung eine passende Strecke vor Beginn der Gültigkeit. Im Gegensatz zu Verkehrstafeln müssen die örtlichen Platzverhältnisse nicht berücksichtigt werden.
- ▶ Verkehrssignale mit örtlicher Gültigkeit vom Typ C, D und E können überall dort angezeigt werden, wo sie gültig sind. Der Fahrzeugführer ist damit jederzeit in der Lage festzustellen, welche Verkehrssignale aktuell gültig sind, und muss sich nicht auf seine Erinnerung (und Distanzeinschätzung) verlassen. Dies bedeutet für die Typen D und E, dass nicht der Zustandswechsel ange-

zeigt wird, sondern der Zustand selbst. D.h. auf die Anzeige eines Aufhebungssignals kann verzichtet werden.

- ▶ Die Anzeige gewisser Verkehrssignale mit zeitlicher Gültigkeit vom Typ 2 kann auf die Zeiten beschränkt werden, an denen die Signale zu berücksichtigen sind. Dies trifft auf Verkehrssignale zu, bei denen eine Zusatzinformation über die Gültigkeit im Fahrzeug vorhanden ist oder mit der Signalinformation mitgeliefert wird. Gefahrenhinweise (siehe Kapitel 4.1.9) können dann angezeigt werden, wenn die Gefahr akut besteht, d.h. zum Beispiel die Information "Seitenwind" dann, wenn dieser Seitenwind mehr als eine vorgegebene Stärke hat.
- ▶ Verkehrssignale mit zeitlicher Gültigkeit vom Typ 3 können nur dann angezeigt werden, wenn sie gültig sind.
- ▶ Die Anzeige von Verkehrssignalen, die nicht für alle Fahrzeuge gültig sind, kann auf Fahrzeugen der betroffenen Fahrzeugkategorien beschränkt werden.

### 4.3.3 Warnungen

Wenn im Fahrzeug festgestellt wird, dass der Fahrzeugführer versucht, ein Verkehrssignal zu übertreten, dann kann eine Warnung (akustisch, optisch) erfolgen. Das gilt für Fahrbeschränkungen und Fahrverbote (siehe Kapitel 4.1.1) und Geschwindigkeitsvorgaben (siehe Kapitel 4.1.5) und permanenten Stoppanweisungen (siehe Kapitel 4.1.6). Bei Fahrtrichtungsvorgaben (siehe Kapitel 4.1.3) kann die Warnung erfolgen, wenn der Blinker in eine nicht erlaubte Richtung betätigt wird. Bei situationsabhängigen Stoppanweisungen (Lichtsignale und Bahnschranken) kann die Warnung beschränkt werden auf Situationen, in welchen der Stoppunkt nicht mehr rechtzeitig passiert werden kann.

### 4.3.4 Intelligente Geschwindigkeitsanpassung

Die Geschwindigkeit der Fahrzeuge hat eine herausragende Bedeutung im Verkehrsgeschehen. Insbesondere die Verkehrssicherheit hängt wesentlich von der Geschwindigkeit ab und unangepasste Geschwindigkeit ist eine häufige Ursache von Unfällen. Heutige Fahrzeuge sind so gebaut, dass die konsequente Einhaltung einer Höchstgeschwindigkeit einige Fertigkeiten voraussetzt. International werden deshalb mit beträchtlichem Aufwand Systeme zur intelligenten Geschwindigkeitsanpassung entwickelt, welche die Einhaltung von Höchstgeschwindigkeiten erleichtern. Dabei muss berücksichtigt werden, dass sich die Höchstgeschwindigkeit örtlich und teilweise auch zeitlich ändert, so dass die Information zu diesen Änderungen im Fahrzeug zur Verfügung gestellt werden muss.

Intelligente Geschwindigkeitsanpassung kann im Fahrzeug in unterschiedlichen Ausprägungen implementiert werden:

- ▶ Die zulässige Höchstgeschwindigkeit wird, zusammen mit der aktuellen Geschwindigkeit, am Tachometer angezeigt (siehe Kapitel 4.3.2). Bei Überschreiten der zulässigen Höchstgeschwindigkeit wird der Fahrer - beispielsweise durch ein akustisches Signal - gewarnt (siehe Kapitel 4.3.3). Möglich ist auch eine Einrichtung am Gaspedal, welche für Geschwindigkeiten über der Höchstgeschwindigkeit einen höheren Druck verlangt (haptische Implementierung).
- ▶ Es wird eine Geschwindigkeitsbegrenzer eingebaut, welcher laufend auf die zulässige Höchstgeschwindigkeit eingestellt wird und ein Überschreiten derselben nicht erlaubt. Falls aus der Verkehrssituation heraus erforderlich (zum Beispiel Überholmanöver), kann der Geschwindigkeitsbegrenzer kurzfristig manuell ausgeschaltet werden.

- ▶ Es wird ein variabler Geschwindigkeitsbegrenzer eingebaut, welcher nicht übersteuert werden kann.

Falls in der zweiten und dritten Ausprägung die zulässige Höchstgeschwindigkeit auf einen Wert unter der aktuellen Geschwindigkeit wechselt, wird automatisch das Gas weggenommen, bis die Geschwindigkeit auf den vorgegebenen Wert gefallen ist. Gegebenenfalls können auch "sanfte" automatische Bremsmanöver vorgesehen werden, um die zulässige Höchstgeschwindigkeit zu erreichen.<sup>2</sup>

### 4.3.5 Stopautomatik, Reissverschluss

Gegenstand intensiver Entwicklungsarbeiten in verschiedenen Ländern sind Systeme der Kollisionsvermeidung. Sie erkennen Hindernisse, mit welchen das Fahrzeug kollidieren könnte, und warnen davor. Sie können je nach Ausprägung auch selbst Fahrmanöver durchführen, um die Kollision zu vermeiden.

Wenn solchen Systemen die Information zu Stopanweisungen (vergleiche Kapitel 4.1.6) gegeben wird, können sie die Stoppunkte, zum Beispiel die Haltelinie bei einer Stopstrasse oder bei einer auf rot geschalteten Ampel, als temporäres Hindernis einbeziehen und automatisch davor stoppen.

Zu berücksichtigen ist, dass sich vor dem Stoppunkt noch andere Fahrzeuge befinden können. Diese müssen detektiert werden und es ist der Haltepunkt um die passende Distanz vorzulegen.

Mit dem Verkehrssignal 4.77 "Anzeige der Fahrstreifen" kann angegeben werden, dass sich das Fahrzeug auf einem Fahrstreifen befindet, welcher nicht weitergeführt wird und dass es deshalb den Fahrstreifen wechseln muss. Ebenso steht die Information zur Verfügung, auf welche Seite gewechselt werden muss. Ein Kollisionsvermeidungssystem kann dann gezielt diese Seite nach Hindernissen, insbesondere anderen Fahrzeugen, absuchen und kann ein Fahrmanöver so ausführen, dass das Fahrzeug zwischen den anderen Fahrzeugen fährt und damit problemlos den Fahrstreifen wechseln kann.

Die Fahrzeuge auf dem durchgehenden Fahrstreifen können die Information erhalten, dass auf der rechten oder linken Seite ein Fahrstreifen nicht weitergeführt wird, und dass deshalb möglicherweise andere Fahrzeuge auf den benutzten Fahrstreifen wechseln wollen. Das Kollisionsvermeidungssystem kann solche Fahrzeuge erkennen und die Geschwindigkeit so anpassen, dass sich eine passende Lücke ergibt, in welche sich die anderen Fahrzeuge beim Fahrstreifenwechsel einfügen können.

### 4.3.6 Fahrzeugnavigation

Verkehrssignale, welche Angaben zum Auffinden von Örtlichkeiten enthalten (siehe Kapitel 4.1.10), haben einen engen Bezug zur heute schon verbreitet eingesetzten Fahrzeugnavigation. Fahrzeugnavigation ist im Prinzip die informationstechnische Umsetzung der traditionellen Methode zum Auffinden von Örtlichkeiten mit Strassenkarte, Wegweisern und Beschriftungen. Die Fahrzeugnavigation verwendet eine digitale Strassenkarte und hat darauf die Örtlichkeiten verzeichnet. Die Fahrzeugposition wird mit Navigationseinrichtungen bestimmt, das Ziel kann vom Fahrzeugführer eingegeben werden, die bestgeeignete Route wird automatisch berechnet und die einzuschlagenden Fahrtrichtungen bei Verzweigungen werden aus Route und Fahrzeugposition ermittelt und angezeigt.

---

<sup>2</sup> Dies kann neue Gefahren schaffen, wenn das Fahrzeug nicht wie vorgesehen reagiert (z.B. Überholmanöver, Kurve) oder wenn der überraschte Fahrzeugführer falsch reagiert.

Durch die automatische Routenbestimmung und Richtungsanzeige können die Wegweiser an den Verzweigungen entfallen. Die Beschriftungen der Örtlichkeiten können direkt an der passenden Stelle in die digitale Strassenkarte übernommen werden und die Örtlichkeiten stehen als mögliche Fahrziele zur Verfügung.

Damit drängt sich für diesen Anwendungsbereich ein autonomes System der Datenübertragung auf. DSRC-Systeme zur Wegweisung machen wenig Sinn, weil der Bezug der angegebenen Richtungsinformation zum gewünschten Fahrziel in der Regel nicht herstellbar ist.

Die Fahrzeugnavigation hat gegenüber Verkehrstafeln und Strassenkarten zum Auffinden der Ziele wesentliche Vorteile:

- ▶ Es kann nach vorgegebenen Kriterien automatisch und zuverlässig die optimale Route berechnet werden.
- ▶ Die Bestimmung von Zwischenzielen, die anhand von Wegweisern aufgesucht werden, entfällt.
- ▶ An den Verzweigungen muss nicht die passende Richtung aus einer Vielzahl von Wegweisern eruiert werden. Die Fahrtrichtungsangabe ist in ihrem Informationsgehalt wesentlich einfacher als Wegweiser und Verkehrstafeln zu Örtlichkeiten. Das Entziffern von Schriftzügen, welches oft den Fahrzeugführer stark ablenkt, entfällt.
- ▶ Die Information kann auch akustisch ausgegeben werden, wodurch der Blick des Fahrzeugführers nicht abgelenkt wird.

Einen engen Bezug zur Fahrzeugnavigation haben die Verkehrssignale, welche Kurven ankündigen (siehe Kapitel 2.2). Kurven sind auf den digitalen Strassenkarten verzeichnet, da diese Karten die Geometrie der Strasse wiedergeben. Allerdings ist die Geometrie in Form von Polygonzügen abgelegt, was für die Kurveneigenschaften nicht sehr aussagekräftig ist. Es ist möglich, die Informationen zur Strassengeometrie auf der digitalen Strassenkarte passend zu ergänzen, zum Beispiel durch Angabe der Kurvenradien. Daraus lassen sich dann, im Idealfall in Abhängigkeit von den Strassenbedingungen, Geschwindigkeitsvorgaben ableiten.

Möglich ist zusätzlich, dass bei Gefahrenstellen wie Bodenwellen oder Verengungen auf der digitalen Strassenkarte Geschwindigkeitsvorgaben vermerkt werden. Die Geschwindigkeitsinformation lässt sich bei der Berechnung der Reisezeiten berücksichtigen und hat damit eine Rückwirkung auf die Routenwahl.

### 4.3.7 Aufzeichnung des Fahrverhaltens

Die Fahrzeuge des Schwerverkehrs müssen mit einem Fahrtenschreiber ausgerüstet sein, welche die Geschwindigkeit auf einer sogenannten Tachoscheibe aufzeichnet. Neben der Überwachung der Einhaltung der gesetzlich vorgeschriebenen Ruhezeiten werden die Tachoscheiben auch verwendet, um bei Unfällen den Unfallverlauf zu rekonstruieren.

Gegenwärtig befindet sich in Europa - an Stelle der bisher eingesetzten teilweise mechanischen - der digitale Fahrtenschreiber in Einführung. Er zeichnet nicht mehr kontinuierlich die Geschwindigkeit exakt auf. Stattdessen hat er zur Rekonstruktion von Unfallverläufen einen Speicher, aus dem der exakte Geschwindigkeitsverlauf jeweils der letzten Sekunden ausgelesen werden kann. So lange sich das Fahrzeug in Fahrt befindet, werden die Daten in diesem Speicher immer wieder durch neuere überschrieben. Wenn das Fahrzeug still steht, bleiben die letzten aufgezeichneten Daten vorhanden.

Solche Aufzeichnungen des Fahrverhaltens lassen sich auch auf andere Fahrzeuge ausweiten und zeitlich ausdehnen. Zudem können weitere Daten einbezogen werden: erkannte Fahrzeugdefekte, Daten der Fahrzeugführerüberwachung, aber auch die Verkehrssignale, welche für das Fahrzeug an der entsprechenden Stelle

Gültigkeit haben. Dazu ist die Übertragung der Verkehrssignal-Information in das Fahrzeug erforderlich.

Durch das Prinzip, dass diese Daten nach einer gewissen Zeit automatisch überschrieben werden und dass sie - ausser bei einem Unfall - das Fahrzeug nicht verlassen, kann den Belangen des Datenschutzes Rechnung getragen werden.

## 4.4 Wirkungen

Die beabsichtigte Wirkung elektronischer Verkehrssignale liegt darin, dass die Verkehrssignale vermehrt, genauer und differenzierter beachtet werden. Sie ist nur bei denjenigen Fahrzeugen erreichbar, welche elektronische Verkehrssignale empfangen und in entsprechenden Anwendungen einsetzen. Zumindest so lange keine Pflicht für alle Fahrzeuge besteht, dies zu tun, werden neben den elektronischen Verkehrssignalen die Verkehrstafeln im Strassenraum weiterbestehen müssen. Das heisst, dass auch für die ausgerüsteten Fahrzeuge die Verkehrstafeln weiterhin zur Verfügung stehen, dass aber auf der anderen Seite die auf elektronischen Verkehrssignalen basierenden Anwendungen genutzt werden können. Die beabsichtigte Wirkung wird dann erzeugt, wenn durch die Anwendungen elektronischer Verkehrssignale die Beachtung der Verkehrssignale gegenüber der optischen Wahrnehmung der Verkehrstafeln durch den Fahrzeugführer erleichtert wird.

Entscheidend für das Erzielen der beabsichtigten Wirkung ist folglich die Ausprägung der Anwendungen. Zwei Grundtypen sind zu unterscheiden:

- ▶ Anwendungen mit direkten Wirkungen, indem die elektronischen Verkehrssignale über die Fahrzeugelektronik die Einstellungen im Fahrzeug verändern;
- ▶ Anwendungen, welche die Informationen der Verkehrssignale dem Fahrzeugführer übermitteln in der Absicht, sein Verhalten zu beeinflussen.

Da auf absehbare Zeit ein vollständig automatisiertes Fahren für Strassenfahrzeuge nicht realisierbar ist, können die Anwendungen mit direkten Wirkungen nur darauf abzielen, dem Fahrzeugführer den Verkehrssignalen entsprechend den Rahmen anzupassen, innerhalb dessen er seine Aufgabe wahrnehmen kann. Innerhalb dieses Rahmens muss der Fahrzeugführer weiterhin auf gegebene Situationen reagieren. Kontrovers wird in der Fachliteratur und in der Öffentlichkeit die Frage diskutiert, wie starr und einengend dieser Rahmen sein soll. Insbesondere geht es darum, ob es dem Fahrzeugführer möglich sein soll, diesen Rahmen bewusst zu durchbrechen, also zum Beispiel eine mit Geschwindigkeitsbegrenzer vorgegebene Höchstgeschwindigkeit im Bedarfsfall auch zu übertreten. Während gerade in diesem Bereich für die Verkehrssicherheit Vorteile erwartet werden, wenn der Rahmen fest ist, stösst die damit verbundene Einengung der Verfügungsgewalt über das Fahrzeug bei vielen Fahrzeugführern auf Ablehnung und sie ist auch bezüglich Haftung problematisch (siehe Kapitel 5.3).

Mit dem Dargestellten ist klar, dass unabhängig vom Grundtyp der Anwendung das Verhalten des Fahrzeugführers für die Wirkung der elektronischen Verkehrssignale ausschlaggebend ist. Er muss in seinem Fahrverhalten die Information der elektronischen Verkehrssignale berücksichtigen. Um die Ausprägung der Anwendungen zu optimieren, ist das Verhalten des Fahrzeugführers unter den verschiedenen Verkehrssituationen genau zu untersuchen. Folgende Aspekte sind dabei besonders zu berücksichtigen:

- ▶ Der Fahrzeugführer nimmt zu jeder Zeit die Verkehrssituation als Gesamtsituation wahr, von der die aktuell relevanten Verkehrssignale nur ein Element darstellen. Man kann deshalb die Wirkung elektronischer Verkehrssignale nicht unabhängig von den andern Anteilen der wahrgenommenen Situation untersuchen.

- ▶ Verkehrssignale stellen in der Wahrnehmung einen Gesamtbereich dar. Es macht wenig Sinn, nur einzelne Verkehrssignale in ihrer elektronischen Umsetzung zu untersuchen.
- ▶ Die relevanten Verkehrssignale haben an unterschiedlichen Orten sehr unterschiedliche Dichten. Massgebend ist die Dichte der Wahrnehmung, d.h. wie viele Änderungen bezüglich Verkehrssignalen der Fahrzeugführer bei den jeweiligen lokalen Bedingungen (insbesondere der Fahrzeuggeschwindigkeit) pro Zeiteinheit aufnehmen muss.
- ▶ Zu berücksichtigen sind die verschiedenen Arten der Wahrnehmung: optisch im Fahrzeug, optisch ausserhalb des Fahrzeugs, akustisch, haptisch. Zu untersuchen ist insbesondere, welche Wahrnehmungsart sich für welche Verkehrssignale besonders eignet und wie weit es sinnvoll ist, das gleiche Verkehrssignal gleichzeitig auf unterschiedliche Art anzuzeigen.
- ▶ Wenn der Fahrzeugführer ein Verkehrssignal eines bestimmten Typs auf eine bestimmte Art wahrnimmt, wird er erwarten, dass er Verkehrssignale gleichen oder ähnlichen Typs in späteren Situationen auf dieselbe Art wahrnehmen kann. Mit anderen Worten: Es ist eine möglichst grosse Beständigkeit in der Darstellungsart anzustreben.
- ▶ Problematisch ist, wenn elektronische Verkehrssignale nur in einzelnen Gebieten zur Verfügung stehen. Zu untersuchen sind die Effekte am Rand dieser Gebiete und die Möglichkeiten, dem Fahrzeugführer bewusst zu machen, wo er sich auf die Anwendung elektronischer Verkehrssignale verlassen kann.
- ▶ Das Verhalten des Fahrzeugführers im Umgang mit elektronischen Verkehrssignalen wird sich im Verlauf der Zeit verändern. Insbesondere ist mit Gewöhnungseffekten zu rechnen, deren Auswirkungen zu untersuchen sind. Auch kann ein spezielles Training zur Verbesserung des Umgangs vorgesehen werden.
- ▶ Unterschiedliche Fahrzeugführer werden auf die Anwendungen elektronischer Verkehrssignale unterschiedlich reagieren. Auf der anderen Seite besteht die Möglichkeit, individuelle Ausgestaltungen dieser Anwendungen vorzusehen (z.B. in der Zuweisung der Verkehrssignale zu den Darstellungsarten, vgl. Kapitel 3.4.1).
- ▶ Fahrzeuge mit Anwendungen von elektronischen Verkehrssignalen werden sich im Verkehr möglicherweise anders verhalten als nicht ausgerüstete. Auch können durch unterschiedliche Implementierungen elektronischer Verkehrssignale Verhaltensunterschiede entstehen. Die möglichen Wechselwirkungen unterschiedlich ausgerüsteter Fahrzeuge sind in die Untersuchungen einzubeziehen.

Die Optimierung läuft darauf hinaus, dass die Verschiedenen Verkehrssignale in Gruppen aufgeteilt und diese im Fahrzeug unterschiedlich umgesetzt werden. Ohne den Resultaten der praktischen Versuche vorzugreifen, sollen nachfolgend ein paar Ansätze dargestellt werden, wie aus heutiger Sicht vernünftig vorgegangen werden kann:

- ▶ Bei Verkehrssignalen, die keine spezifische Umsetzung im Fahrzeug haben (also nur im Fahrzeug angezeigt werden können), die so selten auftreten, dass sich eine Umsetzung nicht lohnt oder deren spezifische Umsetzung so komplex ist, dass sie zuerst zur Praxisreife entwickelt werden muss, kann (vorerst) auf die elektronische Übertragung verzichtet werden. Kandidaten für diese Kategorie sind etwa die Signale 1.11 Starke Steigung, 1.12 Rollsplitt, 1.25 Tiere, 1.28 Flugzeuge, 2.47 Mindestabstand, 2.48 Schneeketten obligatorisch, 2.49 Halten verboten, 2.51 Zollhaltestelle, 2.52 Polizei, 2.64 Busfahrbahn, 2.65 Lichtsignal-System für die zeitweilige Sperrung von Fahrstreifen, 4.05 Bergpoststrasse, 4.14 Spital, 4.15 Ausstellplatz, 4.16 Abstellplatz für Pannenfahrzeuge und 4.24 Notfallspur.

- ▶ Eine Anzeige des Strassentyps, auf dem sich das Fahrzeug befindet, ist grundsätzlich sinnvoll. Falls aber die spezifischen Bestimmungen für den Strassentyp auf andere Art umgesetzt werden, kann auf diese Anzeige verzichtet werden.
- ▶ Aus Platz- und Wahrnehmungsgründen ist die Anzahl gleichzeitig im Fahrzeug anzeigbarer Verkehrssignale beschränkt. Die Auswahl der anzuzeigenden Verkehrssignale sollte deshalb berücksichtigen, welche Signale gleichzeitig auftreten können. Insbesondere sollte unterschieden werden nach Signalen, die nur innerorts, und solchen, die nur ausserorts auftreten können, sowie solchen, die sich auf Strassenabschnitte und solche, die sich auf Kreuzungen beziehen.
- ▶ Um individuelle Ausgestaltungen zu ermöglichen und um, auch angesichts der noch nicht abgeschlossenen Verhaltensuntersuchungen und möglichen Verhaltensanpassungen der Fahrzeugführer, das System entwicklungsfähig zu halten, sollte der Umfang ins Fahrzeug übertragener elektronischer Verkehrssignale von Anfang an wesentlich grösser gewählt werden, als was in einem ersten Schritt im Fahrzeug umgesetzt werden kann. Übertragung ins Fahrzeug und Anwendung im Fahrzeug dürfen nicht gleichgesetzt werden.

## 4.5 Konzepterweiterung: Übertragung von Fahrzeuginformationen

Das Thema dieser Forschungsarbeit ist die elektronische Übertragung der Information von Verkehrssignale in die Fahrzeuge. Es zeigt sich aber an verschiedenen Stellen, dass diese Informationen allein im Fahrzeug noch nicht ihren vollen Nutzen entfalten können. Von besonderer Bedeutung ist die Kombination mit Informationen, die von anderen Fahrzeugen in der Umgebung übertragen werden.

Eine wichtige Information ist, wo sich das andere Fahrzeug zum gegebenen Zeitpunkt genau befindet. Es können mehrere Fahrzeuge dicht beieinander liegen und es muss möglich sein festzustellen, von welchem Fahrzeug die Information stammt. Voraussetzung für die Interpretation von zwischen Fahrzeugen ausgetauschten Informationen ist damit eine genügend genaue Bestimmung der Fahrzeugposition und Fahrtrichtung, sowohl für den Sender als auch für den Empfänger der Information.

Im Strassenverkehr gilt das Grundprinzip, dass sich die Fahrzeuge nach der Situation vor ihnen auszurichten haben. Höchstens in einigen wenigen Ausnahmefällen müssen die nachfolgenden Fahrzeuge berücksichtigt werden. Das bedeutet, dass im Normalfall die Information vom voranfahrenden Fahrzeug zum nachfolgenden zu übertragen ist. Aber auch seitlich nebeneinander fahrende Fahrzeuge sollten Daten austauschen können (Beispiel Fahrstreifenwechsel).

Da die Informationen zuverlässig in Echtzeit benötigt werden, ist die Datenübertragung über Mobiltelefonie ungeeignet. Ähnlich dem in Kapitel 4.2.1 beschriebenen DSRC-System ist eine direkte Funkverbindung von Fahrzeug zu Fahrzeug angezeigt.

Systeme der sogenannten "vehicle to vehicle communication" wurden im Ausland bereits entwickelt und es bestehen entsprechende Pilotanwendungen. Da auch Fahrzeuge unterschiedlicher Hersteller in der Lage sein sollten, miteinander zu kommunizieren, wird eine internationale Normierung benötigt. Entsprechende Normierungsbestrebungen befinden sich erst im Frühstadium. Zur Zeit ist noch nicht klar, ob die Funkfrequenzen, welche für DSRC reserviert sind, auch für den Datenaustausch zwischen Fahrzeugen verwendet werden können. In jedem Fall hat dieser Datenaustausch andere Merkmale als DSRC, so dass die bestehenden Normen nicht übernommen werden können. Insbesondere basieren die DSRC-Normen auf einem Master-Slave-Prinzip. Die Bake bestimmt den Verlauf des Datenaustau-

sches und das Gerät im Fahrzeug reagiert nur auf die Anweisungen der Bake. Bei zwei Fahrzeugen ist dieses Prinzip kaum anwendbar.

Klar ist, dass für die Datenübertragung in erster Linie Frequenzen im Mikrowellen- und Infrarotbereich in Frage kommen, welche eine direkte Verbindung zwischen Sender und Empfänger ohne dazwischenliegende Hindernisse erfordern. Antennen sind deshalb an den Fahrzeugen so anzuordnen, dass sie in alle Richtungen ungehindert senden und empfangen können. Das unterscheidet sie deutlich von den bei DSRC eingesetzten stark gerichteten Antennen.

Einfachste Anwendung der Informationsübermittlung von Fahrzeug zu Fahrzeug ist, dass sich die Fahrzeuge mitteilen, wo sie sich befinden, um zum Beispiel Auffahrunfälle zu vermeiden. Diese Anwendung könnte auch als elektronisches Nebellicht bezeichnet werden. Sie hat keinen direkten Bezug zu elektronischen Verkehrssignalen.

Eine weitergehende Anwendung ist das elektronische Bremslicht. Das voranfahrende Fahrzeug teilt dem nachfolgenden mit, wenn es bremst, und ermöglicht Letzterem so, auch rechtzeitig zu bremsen. Diese Anwendung lässt sich mit der in Kapitel 4.3.5 beschriebenen Stopautomatik kombinieren, indem das Kollisionsvermeidungssystem das andere Fahrzeug nicht nur erkennt, sondern von ihm auch Daten zu seinen Fahrparametern erhält.

Mit dem elektronischen Blinker lassen sich nicht nur Überholmanöver und Fahrstreifenwechsel, sondern bei Kreuzungen auch die durch Verkehrssignale vorgegebene Vortrittsregelung absichern. Es kann festgestellt werden, ob sich die von zwei Fahrzeugen beabsichtigten Fahrwege überschneiden und ob die Fahrzeuge in einen Konflikt geraten können, so dass das eine Fahrzeug entsprechend den Vortrittsregeln anhalten kann. Die Information zur vorgesehenen Fahrrichtung kann vom Fahrzeugnavigationssystem übernommen werden.

In der Datenverwendung ist zu unterscheiden zwischen der reinen Warnung an den Fahrzeugführer im Fall einer automatisch bestimmten Gefahrensituation und dem automatischen Eingriff zur Kollisionsvermeidung, wobei dieser Eingriff sich so gestalten lässt, dass der Fahrzeugführer ihn übersteuern kann.

## 5 Vorhandene Potenziale

### 5.1 Aufwand

Potenziale für elektronische Verkehrssignale ergeben sich dort, wo der Nutzen den Aufwand übersteigt. Sowohl beim Aufwand als auch beim Nutzen bestehen heute noch sehr viele Unbekannte. Nachfolgend geht es deshalb weniger um Zahlen, als vielmehr um eine Aufzählung von wichtigen Faktoren, welche Aufwand und Nutzen bestimmen. Diese sind in einem späteren Schritt dann einzeln abzuschätzen.

#### 5.1.1 Datenerhebung

Jedes Verkehrssignal, welches elektronisch umgesetzt werden soll, muss erfasst werden. Als Richtwert ist von folgender Signaldichte auszugehen [1]:

- ▶ Auf Autobahnen ca. 4 Signale pro Richtung und Kilometer;
- ▶ Auf Hauptstrassen innerorts ca. 25 Signale pro Richtung und Kilometer;
- ▶ Auf Hauptstrassen ausserorts ca. 15 Signale pro Richtung und Kilometer.

Nur vereinzelt gibt es heute schon Datenbanken zu Verkehrssignalen. Es war einmal vorgesehen, im Rahmen des Projektes STRADA-DB einen Signalisationskataster zu erstellen. Mehr als ein Pilotversuch (Teil des Kantons Thurgau) wurde aber nicht realisiert. Der Signalisationskataster ist auf den Strassenunterhalt ausgerichtet und umfasst wesentliche für elektronische Verkehrssignale benötigte Daten nicht.

Rechtssetzende Verkehrssignale werden durch die zuständigen Regierungsstellen verfügt und die Verfügungen können als Grundlage für die Datenerhebung verwendet werden. Sie geben aber möglicherweise die Signalisierung vor Ort nicht vollständig wieder und können im Einzelfall sogar davon abweichen.

Vorhanden ist auch ein Kataster der Wegweiser und Vorwegweiser auf den Nationalstrassen, mit welchem die Durchgängigkeit der Wegweisung sichergestellt werden soll. Darüber hinaus gibt es aber kaum und wenn schon nur uneinheitliche Aufzeichnungen von Verkehrssignalen.

Es ist demnach davon auszugehen, dass alle einzubeziehenden Strassen abgefahren werden müssen. Das ist nicht so aufwändig, wie es im ersten Moment klingt, weil die Aufzeichnung zumindest teilweise automatisiert werden kann.

Wesentliches Element der Datenerhebung ist die richtige Aufnahme der örtlichen Gültigkeit. Dafür muss eine geeignete digitale Strassenkarte vorliegen, auf welche die Gültigkeitsbereiche räumlich referenziert werden können.

Es gibt heute schon und noch vermehrt in Zukunft eine Reihe weiterer Aufgaben, welche räumlich korrekt referenzierte Strassendaten erfordern. Diese Aufgaben können sich mit der Erhebung der elektronischen Verkehrssignale den Aufwand für die digitale Strassenkarte und die Referenzierungsverfahren teilen.

Der Informationsinhalt der Verkehrssignale, einschliesslich Zusatzinformationen, kann entsprechend der in Kapitel 4.1 vorgeschlagenen Typisierung erfasst werden. Das heisst es sind die passenden Zuordnungen vorzunehmen und die Parameterwerte zu bestimmen.

Erforderlich ist für die Datenerhebung eine umfassende Qualitätsprüfung, da falsche Daten kritische Auswirkungen haben können (siehe auch Kapitel 5.3). Die Verkehrssignale müssen vollständig und richtig erfasst sein. Möglich sind für Teilbereiche Konsistenzprüfungen der erfassten Daten.

Der Aufwand lässt sich verteilen, indem nicht von Anfang an alle Verkehrssignale erfasst werden, das heisst die Implementierung sinnvoll gestaffelt wird. Allerdings dürfte es kaum profitabel sein, beim Abfahren der Strassen nur einen Teil der Signale aufzunehmen und damit diese Arbeit unter Umständen mehrfach auszuführen.

An der Datenerhebung dürften insbesondere die für die Signalisation zuständigen kantonalen Stellen ein grosses Interesse haben, da dies die Planung und den Unterhalt von Verkehrssignalen wesentlich erleichtern würde. Es ist möglich, dass bei einer gut organisierten Erhebung schon allein dieser Nebennutzen den Aufwand rechtfertigen würde.

### 5.1.2 Aufdatierung der Daten

Das Schweizer Strassennetz ist laufend Änderungen unterworfen. Neue Strassen werden gebaut, Strassen verlegt, umgestaltet oder aufgehoben. Um die Verkehrssignale richtig wiederzugeben, muss das zugrunde gelegte Strassennetz auf dem aktuellen Stand sein. Elektronische Verkehrssignale erfordern folglich das laufende Aufdatieren der Strassendaten. Da davon auszugehen ist, dass die elektronischen Verkehrssignale nur einen Nutzer dieser Daten darstellen, kann auch der Aufdatierungsaufwand nur teilweise angelastet werden.

Sicher der Aufdatierung voll anzulasten sind Änderungen an den Verkehrssignalen selbst. Die Verfahren zur Sicherstellung der Qualität sind auch hier anzuwenden.

### 5.1.3 Datenübertragung

Für die Datenübertragung mit DSRC sind folgende Aufwände zu berücksichtigen:

- ▶ Beschaffung und Installation der Baken, einschliesslich Stromversorgung und gegebenenfalls Datenverbindung zu einem Hintergrundsystem;
- ▶ Betriebskosten der Baken einschliesslich Kosten der Datenverbindungen, Reparatur und Wartung.

Bei Änderungen von Verkehrssignalen müssen zusätzliche Baken installiert oder Baken an eine andere Stelle versetzt oder umkonfiguriert werden.

Für autonome Systeme fallen folgende Aufwände an:

- ▶ Übertragungskosten für die nicht-periodisch variablen Verkehrssignale und kurzfristige Anpassungen von Verkehrssignalen;
- ▶ Kosten für die Erstellung und Verbreitung der Datenträger.

### 5.1.4 Einrichtungen im Fahrzeug

Bei den Einrichtungen im Fahrzeug ist zu unterscheiden zwischen

- ▶ Navigationseinrichtungen. Für DSRC-Systeme beschränken sich diese auf die Bestimmung der ab dem Kommunikationspunkt zurückgelegten Distanz. Bei autonomen Systemen muss die Position auf der befahrenen Strasse bestimmt und mit der örtlichen Gültigkeit der Verkehrssignale verglichen werden, was eine digitale Strassenkarte voraussetzt. Die Navigationseinrichtungen lassen sich auch für andere Zwecke einsetzen, weshalb der Aufwand nicht vollständig den elektronischen Verkehrssignalen angelastet werden darf.
- ▶ Umsetzungseinrichtungen. Je nach Anwendung müssen zusätzliche Sensoren einbezogen werden und es ist eine Verbindung mit der Fahrzeugelektronik und eine Benutzerschnittstelle erforderlich. Auf jeden Fall muss genügend Prozessorkapazität für die Aufbereitung der Daten in Echtzeit vorhanden sein. Es muss passende Software entwickelt und implementiert werden.

Sicher kann der Aufwand wesentlich reduziert werden, wenn die Einrichtungen bei Neufahrzeugen von Anfang an (fest oder als Option) eingebaut sind. Für Nachrüstungen fällt der Installationsaufwand wesentlich ins Gewicht, auch weil bei jedem Fahrzeugtyp für die Installation andere Voraussetzungen vorhanden sind.

Möglich ist eine Staffelung der Einführung, indem vorerst nur gewisse Typen von Verkehrssignalen berücksichtigt werden. In diesem Fall ist eine Abstimmung mit der Datenerhebung vorzusehen.

## **5.2 Nutzen**

### **5.2.1 Verkehrssicherheit**

Der Hauptnutzen der elektronischen Verkehrssignale ist im Bereich der Verkehrssicherheit zu erwarten. Ziel ist es hier, versehentliches Fehlverhalten bezüglich Verkehrsvorschriften auszuschliessen und absichtliches Fehlverhalten je nach Ausprägung zu unterbinden oder zumindest erkennbar zu machen. Es ist davon auszugehen, dass sich dies direkt in einer Reduktion der Unfälle und damit der durch sie verursachten Toten und Verletzten sowie der Sachschäden niederschlägt.

Eine quantitative Abschätzung des erreichbaren Nutzen kann auf der Auswertung der Unfälle beruhen. Der Nutzen ist stark davon abhängig, welche Anwendungen von elektronischen Verkehrssignalen umgesetzt werden. Es sollte möglich sein, aufgrund der Wirkung auf die Verkehrssicherheit Prioritätslisten der Anwendungen zu erstellen. Zu erwarten ist, dass die intelligente Geschwindigkeitsanpassung (unter Einbezug besonderer Gefahrenstellen wie engen und unübersichtlichen Kurven) sowie Anwendungen im Bereich der Vortrittsregelungen und Stoppanweisungen eine hohe Priorität haben.

Unterschiedliche Prioritäten bedeuten nicht automatisch, dass das Aufwand-Nutzen-Verhältnis bei Beschränkung auf die Anwendungen hoher Priorität besser ausfällt, da der Aufwand für die erste Anwendung klar am grössten ist und bei weiteren Anwendungen abnimmt.

### **5.2.2 Einflüsse auf das Verkehrsgeschehen**

Verkehrsmanagement zielt darauf ab, das Verkehrsgeschehen so zu beeinflussen, dass es den maximalen Gesamtnutzen für alle Verkehrsteilnehmer erbringt. Das kann einschliessen, dass der individuelle Nutzen für einen Verkehrsteilnehmer reduziert wird (zum Beispiel indem der Verkehrsteilnehmer später an sein Ziel gelangt), wenn dem höhere individuelle Nutzen für andere Verkehrsteilnehmer gegenüberstehen (zum Beispiel indem ein Stau vermieden wird). Bei geringem Verkehrsaufkommen treten kaum Situationen auf, in welchen maximalem individuellem Nutzen entsprechende Fahrverhalten zueinander in Konflikt stehen. Mit zunehmendem Verkehrsaufkommen häufen sich aber solche Situationen, so dass das Verkehrsverhalten der Beteiligten aufeinander abgestimmt und aus übergeordneter Sicht koordiniert werden muss. Insbesondere zeigt sich, dass durch einen homogenen Verkehrsfluss, das heisst die Angleichung der Geschwindigkeiten, die Verkehrskapazität wesentlich erhöht werden kann.

Die Umsetzung eines Verkehrsmanagements basiert auf Verkehrssignalen. Elektronische Verkehrssignale können die Durchsetzung des Verkehrsmanagements erleichtern. Da die Massnahmen des Verkehrsmanagements aus einer Individual-sicht heraus oft nicht verständlich sind, kann es hilfreich sein, wenn die Information im Fahrzeug verfügbar ist und damit viel direkter umgesetzt werden kann. Dies umso mehr als Verkehrsmanagement naturgemäss dynamisch ist, das heisst der je-

weiligen Verkehrssituation angepasst werden muss, was bedeutet, dass die Verkehrssignale situationsbedingt veränderlich sind, wodurch die entsprechenden Verkehrstafeln durch die Fahrzeugführer aus Gewohnheit heraus eher übersehen werden.

Der Hauptnutzen im Einfluss auf das Verkehrsgeschehen dürfte aber darin liegen, dass die Massnahmen des Verkehrsmanagements viel differenzierter und damit der Verkehrssituation besser angepasst umgesetzt werden können. Wechselverkehrszeichen entlang der Strasse sind sehr aufwändig und dürften höchstens auf wichtigen Verkehrsachsen vereinzelt eingesetzt werden. Elektronische Verkehrssignale dagegen können mit wesentlich geringerem Aufwand eingeführt werden und die in ihnen enthaltene Information kann wesentlich umfangreicher sein. Dadurch lassen sich Massnahmen des Verkehrsmanagements genauer an denjenigen Stellen implementieren, wo sie erforderlich sind, und in passendem Umfang, was auch ihre Akzeptanz erhöhen dürfte. Voraussetzung für die Umsetzung eines solchen Verkehrsmanagement-Konzeptes ist, dass die Verkehrssituation genügend genau erfasst und ausgewertet wird, so dass die Massnahmen genau der Situation entsprechend gewählt werden können, und dass zumindest die grosse Mehrzahl der Fahrzeuge elektronische Verkehrssignale auswerten.

Ein Beispiel: Um Staus auf Autobahnen zu vermeiden, wird in einigen Fällen das sogenannte Ramp-Metering betrieben. Bei Auffahrten werden die Fahrzeuge mit einer Lichtsignalanlage zurückgehalten und kleinen Paketen von Fahrzeugen wird in Abhängigkeit von der Verkehrsdichte auf der Autobahn die Durchfahrt freigegeben. Ramp-Metering wird heute auf der A1 vor dem Baregg-Tunnel bereits betrieben. Die Störungen des Verkehrsflusses durch zu viele auffahrende Fahrzeuge würde bei dem vorhandenen hohen Verkehrsaufkommen zu sehr langen Rückstaus und damit zu einer rapiden Abnahme des Durchflusses führen. Ramp-Metering kann dies wirksam verhindern. Aber auch kleine Pakete von Fahrzeugen können schon zu Störungen führen. Ideal wäre, wenn in kurzen Abständen einzelne Fahrzeuge auffahren würden. Dies mit einer Lichtsignalanlage umzusetzen, ist schwierig. Bei einer zu kurzen Grünphase wird das vorderste Fahrzeug sie häufig verpassen. Und bei zu langer Grünphase werden nachfolgende Fahrzeuge versuchen, auch noch durchzudrängen (was zusätzlich eine erhöhte Gefahr von Auffahrunfällen bewirkt). Wenn jeweils elektronisch dem vordersten Fahrzeug - mit passender Vorlaufzeit, damit es sich vorbereiten kann - mitgeteilt würde, wann es losfahren darf, wäre das Problem gelöst. Zusammen mit dem in Kapitel 4.3.5 beschriebenen automatischen Reissverschluss würde sich ein optimaler Verkehrsfluss ergeben.

Die beschriebenen Konzepte sind neu und noch nicht genauer erprobt. Dadurch ist es noch kaum möglich, den Nutzen abzuschätzen.

### 5.2.3 Fahrkomfort

Elektronische Verkehrssignale entlasten den Fahrzeugführer davon, die Verkehrstafeln zu erkennen, zu lesen, auf die Relevanz in der gegebenen Situation zu prüfen und gegebenenfalls im Fahrzeug umzusetzen. Dies stellt eine wesentliche Komfortverbesserung dar.

Versuche mit intelligenter Geschwindigkeitsanpassung haben gezeigt, dass die Beteiligten die Verbesserung mehrheitlich auch positiv wahrnehmen. Befürchtungen, die automatische Umsetzung elektronischer Verkehrssignale im Fahrzeug würden als Einschränkung für den Fahrzeugführer empfunden, haben sich weitgehend entkräftet.

Wie gross der Nutzen durch Komfortverbesserung für den Fahrzeugführer ist, muss anhand der Zahlungsbereitschaft erhoben werden. Auf jeden Fall ist es nicht unrealistisch davon auszugehen, dass sich die Fahrzeugbesitzer an den Kosten für elektronische Verkehrssignale, insbesondere für die Umsetzung im Fahrzeug, beteiligen.

### 5.3 Rechtliche Aspekte

Unter den Rahmenbedingungen, welche die vorhandenen Potenziale beeinflussen, spielen die rechtlichen Bedingungen eine herausragende Rolle.

Ein Grundproblem der für Verkehrstelematik massgebenden rechtlichen Ausgestaltung ist die verteilte Zuständigkeit. Die Strasseninfrastrukturen und damit auch die Verkehrssignale liegen in der Zuständigkeit der Strassenbetreiber, das heisst in der Schweiz bei den Kantonen und Gemeinden. Dagegen sind für die Fahrzeuge die (privaten) Fahrzeugbesitzer zuständig und die Fahrzeugausstattung wird wesentlich durch die Grosskonzerne der Fahrzeughersteller bestimmt. Daraus ergeben sich zwei Problemkreise:

- ▶ Für die Strasseninfrastruktur gibt es eine Gebietszuständigkeit (überlagert von einer Netzzuständigkeit mit der Unterscheidung von Nationalstrassen, Kantonsstrassen, Gemeindestrassen und Privatstrassen), während die Fahrzeuge sich frei von Gebiet zu Gebiet und wechselnd zwischen den verschiedenen Netzen bewegen. Dies erfordert eine Abstimmung zwischen Gebieten und Netzen, welche durch neue Verkehrstelematik-Dienste, insbesondere durch die elektronischen Verkehrssignale, eine völlig neue Dimension erhält. Es geht nicht mehr nur um die koordinierte Planung der Strasseninfrastruktur, sondern um einen koordinierten Betrieb. Auch mit dem benachbarten Ausland ist eine Abstimmung erforderlich.
- ▶ Übergreifend ist eine Abstimmung zwischen Strassenbetreibern und den Zuständigen für die Fahrzeuge erforderlich. Neue Systeme, welche beide Bereiche einbeziehen, können nur erfolgreich implementiert werden, wenn eine genügende Koordination vorhanden ist.

Sicher gibt es eine Reihe von Einzelmassnahmen im organisatorisch-rechtlichen Bereich, welche die genannten Probleme entschärfen. Längerfristig dürfte jedoch eine Neuzuweisung der Zuständigkeiten unumgänglich sein. Zentrales Element derselben könnte die Schaffung einer Organisationseinheit für den Betrieb des Strassenverkehrs-Systems sein, welche gebiets- und netzübergreifend zuständig ist und auch die Fahrzeuge einbezieht. Diese Organisationseinheit könnte dann die Aufgabe übernehmen, die elektronischen Verkehrssignale zu erheben, an die Fahrzeuge zu übertragen und Vorgaben zu deren Verwendung im Fahrzeug zu entwickeln.

Schon heute besteht die Möglichkeit, rechtlich eine Ausrüstungspflicht der Fahrzeuge mit bestimmten Einrichtungen vorzusehen. Es kann vorteilhaft sein, zur passenden Zeit auch Einrichtungen, welche elektronische Verkehrssignale umsetzen, für alle Fahrzeuge vorzuschreiben. Wie heute in diesem Bereich schon üblich, muss eine enge Abstimmung mit der EU bzw. der europäischen Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen (Economic Commission for Europe, UN/ECE) stattfinden. Wünschenswert wäre, wenn das Instrument der Ausrüstungspflicht vorausschauend eingesetzt würde, das heisst wenn aktiv untersucht würde, welche Umsetzungen bei flächendeckendem Einsatz einen grossen Nutzen versprechen und bis wann diese zur Anwendungsreife entwickelt werden können, um sie dann im voraus auf den passenden Zeitpunkt der Ausrüstungspflicht zu unterstellen. So liesse sich ein zusätzlicher Druck erzeugen, die technische Entwicklung rascher voranzutreiben.

Eine zentrale rechtliche Frage bei allen Systemen, welche das Fahrzeugverhalten beeinflussen können, ist diejenige der Haftung. Die Möglichkeit, dass die Hersteller solcher Systeme bei Unfällen, möglicherweise verursacht durch System-Fehlverhalten, haftbar gemacht werden, wird heute als ein Haupthindernis der Systemeinführung betrachtet. Das Risiko der Haftung durch den Systemhersteller ist dann besonders hoch, wenn der Fahrzeugführer das System grundsätzlich nicht, oder in der gegebenen Situation nicht rechtzeitig übersteuern kann. Das bedeutet dass auch insgesamt positive Wirkungen auf die Verkehrssicherheit nicht genutzt werden

können, wenn im Einzelfall der Hersteller für durch sein System verursachte Schäden aufkommen muss. Zwei Wege können beschränkt werden, um dieses Hindernis aus dem Weg zu räumen:

- ▶ Die Haftungsbestimmungen werden dahingehend abgeändert, dass bei nachgewiesener insgesamt positiver Wirkung eines Systems auf die Verkehrssicherheit der Systemlieferant dann nicht haftbar gemacht werden kann, wenn er nachweist, dass er seine Sorgfaltspflicht in der Entwicklung, Produktion und Installation des Systems erfüllt hat.
- ▶ Es wird ein Fonds eingerichtet, welcher durch dank insgesamt erhöhter Verkehrssicherheit eingesparte Gelder gespeist wird und Schäden abdeckt, die durch Systeme mit insgesamt positiver Wirkung auf die Verkehrssicherheit entstehen.

Bei elektronischen Verkehrssignalen stellt sich zusätzlich die Frage der Haftung derjenigen Stelle, welche für den Inhalt der in das Fahrzeug übermittelten Information zuständig ist. Unfälle können dadurch verursacht werden, dass die Information falsch oder unvollständig ist. Wie weit der Informationslieferant eine Haftung ausschliessen kann, ist abzuklären. In jedem Fall dürfte er einer Sorgfaltspflicht unterliegen und müsste nachweisen können, dass er dieser nachgekommen ist.

Ein weiterer rechtlicher Aspekt, der im Zusammenhang mit elektronischen Verkehrssignalen eine Bedeutung erlangen kann, ist der Datenschutz. Unproblematisch dürfte sein, wenn in der Kommunikation von Fahrzeug zu Fahrzeug ein Fahrzeug seine Position angibt, so lange das Fahrzeug anonym bleibt und nicht über grössere Distanz auf diese Weise verfolgt werden kann. Auch die in Kapitel 4.3.7 beschriebene Aufzeichnung des Fahrverhaltens dürfte kaum Probleme aufwerfen, so lange die Daten das Fahrzeug nur bei einem Unfall verlassen und sonst laufend überschrieben werden. Kritisch wären aber weitergehende Aufzeichnungen und Übertragungen des Fahrverhaltens in Relation zu Verkehrssignalen. So lange bei der Planung der Systeme die Belange des Datenschutzes berücksichtigt werden, dürften sich kaum Schwierigkeiten ergeben.

## 5.4 Einführung

Für jeden Typ von Verkehrssignalen und jede spezifische Umsetzung im Fahrzeug muss vor der Einführung der Nachweis erbracht werden, dass das entsprechende System einen Nutzen erbringt und dass keine übermässigen negativen Nebeneffekte auftreten. Da von einer gestaffelten Einführung der Systeme auszugehen ist, muss für jedes zusätzliche System immer auch der Nachweis erbracht werden, dass es in seiner Wechselwirkung mit den bestehenden Systemen keine negativen Effekte auslöst und sich die Systeme nicht behindern.

Die Einführung selbst erfordert eine Koordination zwischen allen Beteiligten. Es sind sowohl unterschiedliche Gebiete und Netze mit unterschiedlichen Zuständigkeiten zu berücksichtigen, wie auch unterschiedliche Fahrzeugtypen von unterschiedlichen Herstellern.

Für jeden Einführungsschritt muss vorab klar sein, wodurch er getrieben wird: Reicht die Einsicht der Fahrzeugführer in den Nutzen aus, müssen Systemteile durch finanzielle Zuschüsse gefördert werden, können Anreize erzeugt werden oder muss sogar die Einführung zur Vorschrift gemacht werden?

Die Anforderungen an die Einführung lassen es als ratsam erscheinen, wenn vorab eine umfassende Einführungsstrategie entwickelt und laufend verfeinert und konkretisiert wird. So können sich die Beteiligten langfristig auf die einzelnen Schritte einrichten, ihre Planungen darauf abstimmen und ihre Investitionen schützen. Idealerweise erwächst diese Strategie aus einem Konsens aller Beteiligten und erhält durch entsprechende Vereinbarungen die notwendige Verbindlichkeit. Die Strategie ist zumindest auf europäischer Ebene abzustimmen, wenn nicht sogar von Anfang an als europäische Strategie zu konzipieren.

## 6 Normierungsbedarf

Elektronische Verkehrssignale weisen einen beträchtlichen potenziellen Nutzen auf und stellen ein wichtiges Mittel insbesondere zur Erhöhung der Verkehrssicherheit und Verkehrseffizienz dar. Die möglichst rasche Einführung elektronischer Verkehrssignale ist deshalb zu empfehlen.

Wie die Untersuchung gezeigt hat, ist es nicht sinnvoll, die entlang der Strassen aufgestellten Verkehrssignale einz-zu-eins in elektronische Verkehrssignale umzusetzen. Der Informationsgehalt der elektronischen Signale muss denjenigen der Verkehrstafeln vor Ort vollständig abdecken, kann aber

- ▶ Zusatzinformationen enthalten, welche sich im Fahrzeug sinnvoll auswerten lassen;
- ▶ im Hinblick auf Umsetzungen im Fahrzeuge die Signale anders kombinieren;
- ▶ die räumliche und zeitliche Gültigkeit auf andere Art darstellen, um deren Auswertung im Fahrzeug zu erleichtern.

Dies bedeutet, dass eine Spezifikation des Informationsgehaltes der elektronischen Verkehrssignale erforderlich ist.

Elektronische Verkehrssignale liegen an der Schnittstelle zwischen Strassenbetreibern und Fahrzeugen, zwei Bereichen mit sehr unterschiedlichen Zuständigkeiten. In jedem dieser Bereiche gibt es eine grosse Zahl einzubeziehender Institutionen, welche auf eine einheitliche Handhabung dieser Schnittstelle verpflichtet werden müssen, um die breite und möglichst effiziente Anwendung der elektronischen Verkehrssignale sicherzustellen.

Damit drängt sich eine Norm als Mittel, der Spezifikation des Informationsgehaltes elektronischer Verkehrssignale die notwendige Verbindlichkeit zu verleihen, geradezu auf. Die Norm kann proprietäre Lösungen - etwa durch Absprachen zwischen bestimmten Fahrzeugherstellern und Strassenbetreibern - verhindern und damit eine wichtige Voraussetzung für die erfolgreiche flächendeckende Einführung elektronischer Verkehrssignale schaffen. Es ist davon auszugehen, dass die Aufbereitung der Daten und die Umsetzung in den Fahrzeugen durch Systeme verschiedener Hersteller ausgeführt werden können. Sowohl für die Aufbereitung wie auch für die Umsetzung sind mehrere Systemanbieter möglich und wünschenswert. Die Interoperabilität zwischen den Systemanbietern muss sichergestellt sein, wofür eine Norm als Mittel bestens geeignet ist.

Heute werden elektronische Verkehrssignale noch kaum als in sich geschlossener Gesamtbereich wahrgenommen. Es werden einzelne Verkehrssignale im Zusammenhang mit bestimmten Umsetzungen im Fahrzeug diskutiert (zum Beispiel intelligente Geschwindigkeitsanpassung). Es wäre auch möglich, solche Teilanwendungen zu normieren. Folgende Gründe sprechen gegen eine solche Lösung:

- ▶ Die Datenübertragung sollte für alle Verkehrssignale auf die gleiche Weise erfolgen. Alle Aspekte, welche die Datenübertragung berücksichtigen, müssen übergeordnet geregelt werden.
- ▶ Es ist noch nicht absehbar, welche Signale wie in welche Umsetzungen kombiniert werden. Hier sollte möglichst lange eine maximale Flexibilität erhalten bleiben, was mit einer Norm erreicht werden kann, welche für alle Signale eine gemeinsame Struktur der Informationsinhalte vorsieht.
- ▶ Es gibt eine gemeinsame übergeordnete Struktur der Informationen elektronischer Verkehrssignale. Diese würde mit grosser Wahrscheinlichkeit bei der Normierung von Teilbereichen verloren gehen, was die Entwicklung passender Software sowohl auf der Seite der Bereitstellung der Daten als auch auf der Seite von deren Umsetzung erschweren würde.

Über den Erfolg einer Normierung entscheidet wesentlich der richtige Zeitpunkt. Gewisse Grundlagen für die Erarbeitung der Norm müssen bereits vorhanden sein. Andererseits ist eine zu spät begonnene Normierung selten erfolgreich, weil schon Produkte nach proprietären Spezifikationen entwickelt wurden und jeder der Beteiligten seine Spezifikation möglichst weitgehend zur Norm machen will, was zu heftigen Konflikten führen kann. Auch ist zu berücksichtigen, dass die Erarbeitung einer Norm mehrere Jahre in Anspruch nimmt. Für die elektronischen Verkehrssignale scheint jetzt der Zeitpunkt günstig, eine Normierung zu beginnen. Aus ersten Einzelanwendungen und Prototypen gibt es die notwendigen Erfahrungen, aber grosse Investitionen in spezifische Produkte sind noch nicht erfolgt.

Eine offene Frage ist, auf welche Übertragungsart gesetzt werden soll - DSRC oder autonomes System. Eine klare Bevorzugung einer der beiden Technologien zum heutigen Zeitpunkt ist kaum zu rechtfertigen. Zudem ist gut möglich, dass beide Übertragungsarten zumindest während längerer Zeit nebeneinander bestehen werden und in spezifischen Anwendungsbereichen ihre Stärken ausspielen. Es sollte ohne grossen Zusatzaufwand möglich sein, den Informationsgehalt der elektronischen Verkehrssignale so zu definieren, dass beide Übertragungsarten unterstützt werden können. Grössere Unterschiede sind nur im Bereich der örtlichen Gültigkeit zu erwarten.

Eine Schweizer Norm für elektronische Verkehrssignale macht keinen Sinn. Der Inhalt der Norm ist europa- oder sogar weltweit von Interesse und mit Vorteil sollten die Anwendungen auch bei Fahrten im Ausland verfügbar sein. Landesspezifische Unterschiede von Verkehrssignalen gibt es eher bei der graphischen Ausgestaltung der Verkehrstafeln als beim Informationsgehalt. Zudem ist für eine erfolgreiche Erarbeitung der Norm die Automobilindustrie auf jeden Fall einzubeziehen, und diese ist in der Schweiz schlecht vertreten. Anzustreben ist deshalb eine Norm von CEN TC278, welche je nach Interesse auch gemeinsam mit ISO TC 204 erarbeitet werden kann.

## 7 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Elektronische Verkehrssignale bilden die Grundlage für eine Reihe von vielversprechenden neuen Verkehrstelematik-Anwendungen. Sie eröffnen eine neue Perspektive in Richtung der "Vision zero", eines Strassenverkehrs ohne Tote und Schwerverletzten durch Unfälle. Sie erleichtern ein dynamisches Verkehrsmanagement, welches durch die allgemeine Verkehrszunahme immer mehr gefordert ist. Zudem können sie den Fahrkomfort deutlich erhöhen. Elektronische Verkehrssignale entsprechen damit genau der Ausrichtung der heutigen Verkehrspolitik und bilden ein wichtiges Instrument zu deren Umsetzung.

Bisher wurden vorab Einzelanwendungen untersucht und in Pilotprojekten umgesetzt. Es fehlt noch weitgehend die integrierte Betrachtungsweise, welche elektronische Verkehrssignale als einen zusammenhängenden Anwendungsbereich der Verkehrstelematik wahrnimmt. Aber nur eine solche Betrachtungsweise garantiert, dass die vorhandenen Synergiepotenziale genutzt werden können und nicht Inselösungen entstehen.

Elektronische Verkehrssignale haben viele Berührungspunkte zu anderen Bereichen des Verkehrssystems. Der Umsetzungsaufwand lässt sich wesentlich verringern, wenn eine enge Abstimmung mit diesen Bereichen erfolgt.

Elektronische Verkehrssignale befinden sich noch in einer frühen Entwicklungsphase. Mit einer konsequenten Förderung und Umsetzungsstrategie können sie aber schon in wenigen Jahren zur Anwendungsreife gelangen und ihren Beitrag zur Verbesserung des Verkehrssystems leisten. Teil der Umsetzungsstrategie muss eine sinnvolle Staffelung der Einführung von auf elektronischen Verkehrssignalen beruhenden Anwendungen sein.

Viele Anwendungen - speziell erwähnt sei hier die intelligente Geschwindigkeitsanpassung - sind als Komfortsysteme für die Fahrzeugführer zu verstehen. Die Umsetzung im Fahrzeug kann sich auf die Fahrzeughersteller stützen, welche ein Interesse haben, solche Systeme anzubieten. Durch passende Anreize (zum Beispiel über die Differenzierung von Versicherungsprämien) lässt sich der Business-Case für diese Anwendungen weiter verbessern. Notwendig ist aber in jedem Fall eine klare Unterstützung der Strassenbetreiber, welche die Daten bereitstellen müssen. Nur wenn ein deutlicher Nutzen für die Verkehrssicherheit oder das Verkehrsmanagement nachgewiesen ist, kann längerfristig eine Ausrüstungspflicht vorgesehen werden.

Elektronische Verkehrssignale verlangen eine internationale Koordination. Wünschenswert ist, dass die Schweiz in diesem Bereich nicht nur Entwicklungsschritte anderer Staaten nachträglich vollzieht, sondern dass sie sich von Anfang an in einem internationalen Kontext aktiv an der Gestaltung dieser Entwicklungsschritte beteiligt. So ist auch garantiert, dass die spezifischen Schweizer Bedürfnisse rechtzeitig einfließen und berücksichtigt werden können.

Normierung ist ein wichtiges Mittel zur Förderung von elektronischen Verkehrssignalen und zur Verbesserung der wirtschaftlichen Rahmenbedingungen für ihre Implementierung. Normierung ist als Teil der Gesamtstrategie zur Förderung elektronischer Verkehrssignale zu betrachten und mit den anderen Elementen dieser Strategie abzustimmen. Ein frühzeitiger Beginn der Normierungstätigkeit erhöht die Erfolgsaussichten.

Aus diesen Schlussfolgerungen ergeben sich die folgenden Empfehlungen:

- ▶ Als Teil der Umsetzung des Sachplans Strasse [15] und der Verkehrssicherheitspolitik (VESIPO) [4] erarbeitet das UVEK zusammen mit den zuständigen Stellen der Kantone und Vertretern der in diesem Bereich tätigen Privatwirtschaft eine Strategie für die Entwicklung und Einführung elektronischer Ver-

kehrssignale. Die Strategie ist eng mit der EU abzustimmen, insbesondere mit den durch das Projekt eSafety initiierten Aktivitäten (vgl. [8]).

- ▶ Zur Umsetzung der Strategie werden die notwendigen finanziellen Mittel insbesondere aus Krediten für die Umsetzung der Verkehrssicherheitspolitik, aus dem Fonds für Verkehrssicherheit und aus der Strassenforschung des Bundes bereitgestellt. Durch passende Vereinbarungen wird eine Beteiligung der Privatwirtschaft über die Bereitstellung von Eigenmitteln erwirkt.
- ▶ Die zuständigen Stellen lancieren möglichst rasch Pilot- und Demonstrationsprojekte. Diese bauen auf Erfahrungen im Ausland auf und bilden zu ausländischen Projekten eine sinnvolle Ergänzung, wobei die Betrachtung elektronischer Verkehrssignale als integrierter Anwendungsbereich betont wird. Einzubeziehen sind Pilotversuche zur Datenerhebung für die elektronischen Verkehrssignale.
- ▶ Die für den Betrieb des Strassennetzes in der Schweiz zuständigen Stellen erarbeiten eine gemeinsame digitale Strassenkarte der Schweiz als zentrales Managementinstrument, welches es erlaubt, alle auf den Betrieb bezogenen Daten zu referenzieren. Dabei sind die Anforderungen elektronischer Verkehrssignale und anderer Verkehrstelematik-Anwendungen zu berücksichtigen. Erfahrungen im Ausland sind auszuwerten und die Abstimmung mit der für das Management der Strassenerhaltung konzipierten STRADA-DB ist sicherzustellen.
- ▶ Der VSS beantragt bei CEN ein neues "Work Item" zur Normierung der Anwendungsschnittstelle für elektronische Verkehrssignale, welches TC278 zuzuordnen ist. Der VSS lanciert ein Forschungsprojekt zur Erarbeitung von Grundlagen für diese europäische Normierung ("Hauptstudie Elektronische Verkehrssignale").

## Literaturverzeichnis

Internetseiten stellen einen temporären Zustand dar. Ihre Inhalte können deshalb verändert oder entfernt werden.

1. ASIT: Signalkataster - Konzeptstudie, im Auftrag des Tiefbauamtes des Kt. Thurgau; Bern 1995
2. Battelle Human Factors Transportation Center (Hrsg.): Designing Effective In-Vehicle Icons, Seattle, 2000
3. Battelle Human Factors Transportation Center (Hrsg.): Improving Driver Recognition of In-Vehicle Icons, Seattle, 2000
4. Beratungsstelle für Unfallverhütung bfu: Erarbeitung der Grundlagen für eine Strassenverkehrssicherheitspolitik des Bundes - Schlussbericht; Bern, Mai 2002
5. Biding, Torbjörn, Lind Gunnar: Intelligent Stöd för Anpassning av Hastighet (ISA), Resultat av storskalig försöksverskamhet i Borlänge, Lindköping, Lund och Umea under perioden 1999 - 2002; Vägverket, Borlänge, 2002
6. Campbell J. L., C. Carney, B. H. Kantowitz: Human Factors Design Guidelines For Advanced Traveler Information Systems (ATIS) And Commercial Vehicle Operations (CVO); FHWA-RD-98-057, 1988, <http://www.fhwa.dot.gov/tfhrc/safety/pubs/atis/index.html> DSRC Driver Warning Demos Planned for Lyon, in: The Intelligent Highway, March 1, 2002, Seite 2 – 3
8. eSafety Working Group on Road Safety: eSafety - Final Report, im Auftrag der European Commission, DG INFSO; November 2002
9. Harvey, Geoff: ITS – Infrastructure as an Enabler, Präsentation bei der International Task Force on Vehicle-Highway Automation, Tsukuba City, Japan, 2000
10. Hook, Patrick: All gain, no pain, in: Traffic Technology International, 2001, 4/5, Seite 26 – 29
11. Kawasaki, Shigenobu: The Current Situation and Future Preparation on Development of AHS, Präsentation zur 5th International Task Force on Vehicle Highway Automations, Sydney Meeting, 2001
12. Kikuchi, Harumi, Akio Hosaka: Deployment and Standardization of AHS Road-Vehicle Cooperation System, Präsentation bei der International Task Force on Vehicle-Highway Automation, Tsukuba City, Japan, 2000
13. Mühlethaler Franz, Arend Michal, Axhausen Kay, Martens Sabine, Steierwald Marcus: Das vernetzte Fahrzeug - Verkehrstelematik für Strasse und Schiene, Studie für TA Swiss und ASTRA; Bern, 2003
14. Sundberg, Jonas: Speed management, The need for an intelligent solution, in Traffic Technology International, 2000, 2/3, Seite 77 – 81
15. UVEK: Sachplan Strasse - Konzeptteil; Bern, September 2002
16. [www.peugeot.com](http://www.peugeot.com)
17. [www.renault.ch](http://www.renault.ch)