



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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

Bundesamt für Strassen
Office fédéral des routes
Ufficio federale delle Strade

Standardisierte Verkehrsdaten für das verkehrsträgerübergrei- fende Verkehrsmanagement

Standardisation des données de trafic pour gestion intermo- dale du trafic

Standardised traffic data for in- termodal traffic management

B+S AG
Walter Schaufelberger
Alexander Unseld
Matthias von Moos

**Forschungsauftrag VSS 2006/905 auf Antrag des Schweizerischen
Verbandes der Strassen- und Verkehrsfachleute**

Mai 2011

1332

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

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

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

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

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

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

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

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



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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

Bundesamt für Strassen
Office fédéral des routes
Ufficio federale delle Strade

Standardisierte Verkehrsdaten für das verkehrsträgerübergrei- fende Verkehrsmanagement

Standardisation des données de trafic pour gestion intermo- dale du trafic

Standardised traffic data for in- termodal traffic management

B+S AG
Walter Schaufelberger
Alexander Unseld
Matthias von Moos

**Forschungsauftrag VSS 2006/905 auf Antrag des Schweizerischen
Verbandes der Strassen- und Verkehrsfachleute**

Impressum

Forschungsstelle und Projektteam

Projektleitung
Walter Schaufelberger

Mitglieder
Alexander Unseld
Matthias von Moos

Federführende Fachkommission

Fachkommission 9: Strassenverkehrstelematik

Begleitkommission

Präsident
Claude Marschal

Mitglieder
André Arrigoni
Georg Auf der Maur
Mark Bögli
Hans-Uli Gamper
Patrick Maillard
Franz Mühlethaler
Gerhard Petersen
Peter Matthias Rapp
Mario Rubin
Daniel Waldvogel

Antragsteller

Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)

Bezugsquelle

Das Dokument kann kostenlos von <http://partnershop.vss.ch> herunter geladen werden.

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|-----------|
| Impressum | 4 |
| Zusammenfassung | 7 |
| Résumé | 8 |
| Summary | 9 |
| 1 Einleitung | 10 |
| 1.1 Aufgabenstellung | 10 |
| 1.2 Erwarteter Nutzen | 11 |
| 2 Grundlagen | 12 |
| 2.1 Begriffsdefinitionen..... | 12 |
| 2.1.1 Verkehrsmanagement..... | 12 |
| 2.1.2 Verkehrsdaten | 12 |
| 2.2 Verkehrsgrössen | 13 |
| 2.2.1 Methoden der Verkehrsbeobachtung..... | 13 |
| 2.2.2 Verkehrsgrössen im Strassenverkehr | 14 |
| 2.2.3 Verkehrsgrössen für den Langsamverkehr | 15 |
| 2.2.4 Verkehrsgrössen im öffentlichen Verkehr | 17 |
| 2.2.5 Verkehrsgrössen für den ruhenden Verkehr..... | 17 |
| 2.3 Verkehrstechnische Kenngrössen | 18 |
| 2.3.1 Übersicht | 18 |
| 2.3.2 Kapazität | 19 |
| 2.3.3 Auslastungsgrad | 19 |
| 2.3.4 Verkehrsleistung | 19 |
| 2.3.5 Verkehrsqualität und Verkehrszustand | 20 |
| 2.3.6 Reisezeit und Zeitverlust..... | 22 |
| 2.3.7 Reisegeschwindigkeit..... | 24 |
| 2.4 Verarbeitung der Verkehrsgrössen | 24 |
| 2.4.1 Datenerfassung..... | 24 |
| 2.4.2 Datenaufbereitung..... | 25 |
| 2.4.3 Historisierung | 25 |
| 2.4.4 Qualitätssicherung | 26 |
| 3 Verkehrserfassungssysteme | 27 |
| 3.1 Gliederung der Erfassungssysteme | 27 |
| 3.1.1 Ortsfeste Sensoren | 27 |
| 3.1.2 Mobile Sensoren | 29 |
| 3.2 Verkehrserfassungssysteme für den Individualverkehr | 30 |
| 3.2.1 Hochleistungsstrassen | 30 |
| 3.2.2 Hauptverkehrsstrassen | 30 |
| 3.2.3 Langsamverkehr | 30 |
| 3.2.4 Ruhender Verkehr | 30 |
| 3.3 Verkehrserfassungssysteme im öffentlichen Verkehr..... | 31 |
| 3.3.1 Strassenbahnen und Linienbusse..... | 31 |
| 3.3.2 Eisenbahnen | 32 |
| 3.4 Zusammenführung und Darstellung von Verkehrsdaten aus verschiedenen Quellen | 32 |
| 3.4.1 Beispiele aus der Schweiz | 32 |
| 3.4.2 Beispiele aus Deutschland..... | 32 |
| 3.5 Standards und Richtlinien | 34 |
| 4 Anforderungen an Verkehrsdaten | 35 |
| 4.1 Übersicht | 35 |
| 4.2 Inhalte aufgrund Verwendungszweck | 35 |
| 4.2.1 Aufgaben im Verkehrsmanagement | 35 |
| 4.2.2 Verkehrszustandsermittlung..... | 35 |
| 4.2.3 Verkehrsprognose..... | 36 |
| 4.2.4 Verkehrsbeeinflussung..... | 37 |

| | | |
|--|--|------------|
| 4.2.5 | Verkehrsinformation..... | 39 |
| 4.2.6 | Fahrzeugklassen..... | 39 |
| 4.3 | Zeitbezug | 40 |
| 4.3.1 | Art des Zeitbezugs..... | 40 |
| 4.3.2 | Länge des Beobachtungsintervalls..... | 40 |
| 4.3.3 | Aggregation nach Zeitbereichen..... | 40 |
| 4.4 | Raumbezug..... | 41 |
| 4.4.1 | Arten des Raumbezugs | 41 |
| 4.4.2 | Elemente des Raumbezugs..... | 41 |
| 4.4.3 | Raumbezug für Hochleistungsstrassen HLS..... | 42 |
| 4.4.4 | Raumbezug für Hauptverkehrsstrassen HVS..... | 42 |
| 4.4.5 | Raumbezug für das Liniennetz des öffentlichen Verkehrs | 43 |
| 4.4.6 | Raumbezug für Anlagen des ruhenden Verkehrs | 43 |
| 4.4.7 | Raumbezug für den Langsamverkehr | 43 |
| 4.5 | Qualität von Verkehrsdaten | 44 |
| 4.5.1 | Thematische Genauigkeit | 44 |
| 4.5.2 | Lagegenauigkeit..... | 44 |
| 4.5.3 | Zeitliche Genauigkeit | 45 |
| 4.5.4 | Aktualität | 45 |
| 4.5.5 | Vollständigkeit..... | 45 |
| 4.5.6 | Ausrüstungsgrad und Erfassungsrate | 45 |
| 5 | Lösungskonzept | 46 |
| 5.1 | Datenkatalog für das Verkehrsmanagement | 46 |
| 5.2 | Erfassungssysteme..... | 46 |
| 5.2.1 | Motorisierter Individualverkehr..... | 47 |
| 5.2.2 | Langsamverkehr | 47 |
| 5.2.3 | Öffentlicher Verkehr..... | 48 |
| 5.2.4 | Ruhender Verkehr..... | 48 |
| 5.3 | Voraussetzungen | 48 |
| 5.3.1 | Ortsreferenzierung..... | 48 |
| 5.3.2 | Datenfusion | 48 |
| 5.3.3 | Organisation..... | 49 |
| 5.4 | Anwendungsfälle..... | 50 |
| 5.4.1 | Anwendungsfall 1: Verkehrslage und Prognose für den Strassenverkehr | 50 |
| 5.4.2 | Anwendungsfall 2: Verkehrslenkung im Netz | 51 |
| 5.4.3 | Anwendungsfall 3: Verkehrszustandsermittlung für Leiten..... | 52 |
| 5.4.4 | Anwendungsfall 4: Verkehrszustandsermittlung für Verkehrssteuerung..... | 53 |
| 5.4.5 | Anwendungsfall 5: Verkehrsträgerübergreifende individuelle Verkehrsinformation | 54 |
| 6 | Fazit und Empfehlung | 56 |
| 6.1 | Zielerreichung | 56 |
| 6.2 | Offene Punkte | 56 |
| 6.3 | Empfehlung..... | 56 |
| Anhänge | | 57 |
| I | Inhalte und Eigenschaften von Verkehrsdaten | 59 |
| II | Katalog der Verkehrserfassungssysteme | 65 |
| III | Datenkatalog für das Verkehrsmanagement..... | 86 |
| IV | Ortsbezug der Verkehrsdaten | 112 |
| V | Darstellung der komplexen Reisezeit..... | 119 |
| Abkürzungen | | 120 |
| Literaturverzeichnis | | 121 |
| Projektabschluss..... | | 123 |
| Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen | | 127 |

Zusammenfassung

Die flächendeckende Verfügbarkeit von Verkehrsdaten ist eine unabdingbare Voraussetzung für ein erfolgreiches Verkehrsmanagement. Nur auf der Basis qualitativ hochwertiger Verkehrsdaten ist ein zielgerichteter Einsatz von vorausschauenden (proaktiven) oder ereignisgetriebenen (reaktiven) Verkehrsbeeinflussungsmassnahmen möglich. Bisher werden Verkehrserfassungssysteme mit teilweise sehr unterschiedlichen Technologien für einen bestimmten Verwendungszweck und innerhalb eines bestimmten Perimeters eingerichtet und optimiert. Eine weitergehende Verwendung über die Systemgrenzen hinweg ist meist nicht vorgesehen resp. mit erheblichem Aufwand verbunden.

Aus der Sicht des Verkehrsmanagements fehlen bisher klare Benutzeranforderungen, welche unabhängig von der eingesetzten Erfassungstechnologie Inhalte und Struktur sowie einheitliche und einfach überprüfbare Qualitätskriterien definieren. Erst dadurch wird eine Zusammenführung der Verkehrsdaten aus unterschiedlichen Quellen und eine systemübergreifende Nutzung möglich.

Im Rahmen des vorliegenden Forschungsauftrags werden anhand konkreter Anwendungsfälle aus dem operativen Verkehrsmanagement die Anforderungen an Inhalt, Struktur und Qualität der jeweils erforderlichen Verkehrsdaten formuliert und in Form eines Datenkatalogs (Anhang III) festgehalten. Dabei ist der Fokus auf die Verkehrsgrössen gerichtet, also auf jene Teilmenge der Verkehrsdaten, welche entweder direkt durch eine Messung erhoben oder auf der Basis von verschiedenen Messwerten berechnet werden.

Eingangs (Kapitel 2 und 3) werden die für die verschiedenen Verkehrssysteme relevanten Verkehrsgrössen und die jeweils eingesetzten Erfassungstechnologien identifiziert und beschrieben. Im Kapitel 4 werden die Anforderungen an Inhalte, Struktur und Qualität aus Sicht des Verkehrsmanagements beschrieben. Im Kapitel 5 wird ein Lösungskonzept für die verkehrsträgerübergreifende Nutzung von Verkehrsgrössen vorgeschlagen. Darin werden die für den jeweiligen Verwendungszweck erforderlichen Verkehrsgrössen und Erfassungssysteme sowie die für eine verkehrsträgerübergreifende Verwendung notwendigen organisatorischen Voraussetzungen aufgeführt.

Die Frage nach konkreten zahlenmässigen Anforderungen für die verschiedenen Qualitätskriterien der Verkehrsgrössen konnte nicht für alle Daten beantwortet werden. Insbesondere bei den streckenbezogenen Verkehrsgrössen, welche mit neuen Technologien wie Floating Car Data erfasst werden, gibt es noch keine oder sehr wenig Erfahrungen, welche Datenqualität tatsächlich möglich ist. Nach Ansicht der Verfasser sind hierfür umfangreiche Feldversuche mit verschiedenen Erfassungstechnologien erforderlich. Ein solches Vorhaben war im vorgegebenen Rahmen des Forschungsauftrages jedoch nicht durchführbar.

Eine wesentliche Erkenntnis aus dem Forschungsauftrag ist, dass es trotz der grossen Unterschiede zwischen den einzelnen Verkehrsträgern bestimmte Verkehrsgrössen bzw. Kenngrössen gibt, die sehr gut für die Zwecke des verkehrsträgerübergreifenden Verkehrsmanagements eingesetzt werden können. Aus Sicht der Verkehrsteilnehmer ist dies, vor allem im Rahmen der pre-trip Information, die komplexe Reisezeit für Wegeketten. Aus Sicht der Betreiber sind die Verkehrsleistung und die Verkehrsqualität wichtige Kriterien für die Auswahl von Lenkungsmassnahmen, die Empfehlungen im Rahmen der Verkehrsinformation, aber auch für die Beurteilung von Nutzen und Wirksamkeit von Verkehrsmanagementmassnahmen.

Der Datenkatalog im Anhang listet die für das Verkehrsmanagement relevanten Verkehrsgrössen auf und macht Angaben zu Inhalt, Verwendungszweck, Zeit- und Raumbezug und teilweise auch zu Qualitätsanforderungen. Es wird vorgeschlagen, diesen Datenkatalog als Grundlage für eine Normierung zu verwenden.

Résumé

L'accès aux données de trafic à grande échelle est fondamental pour une gestion efficace du trafic. La mise en place de mesures de gestion de trafic ciblées de type prévisionnelles (proactives) ou événementielles (réactives) ne peut se faire que sur la base de données de trafic fiables.

Les systèmes de collecte des données de trafic actuels sont basés sur des technologies très différentes, le plus souvent adaptés à une situation précise et utilisables dans un périmètre relativement restreint. Une utilisation de ces données à plus large échelle n'est dans la plupart des cas pas prévue et n'est souvent possible qu'au prix d'importants investissements.

Il n'existe pas à ce jour, de documentation générale indépendante des technologies utilisées, qui définit le contenu, la structure, les critères de qualité. Seul une consolidation et une documentation adéquate des données de trafic actuellement à disposition permettra leur utilisation plus globale, plus systématique et mieux adaptée aux besoins de la gestion du trafic.

Ce projet de recherche définit à l'aide de cas d'utilisation concrets, basé sur la gestion opérationnelle du trafic, les exigences de contenu, de structure et de qualité pour les données de trafic requises. Les résultats sont présentés sous la forme d'un catalogue de données (Appendice III). Le projet se concentre sur les valeurs de trafic directement mesurables ou calculées à partir de différentes valeurs mesurées.

La première partie de ce travail (chapitres 2 et 3) décrit les valeurs de trafic et les technologies de recensement pour les différents systèmes de trafic. Le chapitre 4 décrit les exigences en matière de contenu, de structure et de qualité qui sont nécessaires dans le domaine de la gestion du trafic. Le chapitre 5 fait des propositions pour l'utilisation de ces valeurs pour les différents modes de transport, les répertorie par rapport au système source et spécifie les besoins dans le but d'une utilisation intermodale à plus grande échelle.

Une quantification des différents critères de qualité n'a pas pu être déterminée pour toutes les données. En particulier, pour les données relatives à un tronçon et recensées à l'aide des nouvelles technologies de type Floating Car Data. En effet, le manque d'expérience n'a pas permis de définir le niveau de qualité réellement atteignable pour ce type de données. Du point de vue de l'auteur, une démarche permettant de remédier à cette lacune nécessiterait bon nombre d'essais sous différentes technologies. Une telle démarche sort largement du cadre défini dans cette étude.

Un résultat important du projet de recherche réside dans le fait que, malgré les différences fondamentales existant entre chaque mode de transport, certaines valeurs resp. certains indicateurs sont applicables pour tous les modes de transport. Du côté de l'utilisateur, il s'agit principalement des informations préalables au voyage (pre-trip information), en particulier pour les temps de parcours lors du calcul d'itinéraires. Du côté de l'opérateur, la quantité et la qualité des prestations de transport sont des critères décisifs pour la mise en œuvre de mesures de gestion, pour les recommandations dans le cadre de l'information sur le trafic, mais aussi, pour juger de l'utilité et de l'effet des mesures de gestion de trafic.

Le catalogue des données est disponible dans l'appendice, il répertorie les valeurs de trafic utiles dans le domaine de la gestion du trafic et fournit des informations concernant le contenu, le sens de l'utilisation, les références spatio-temporelles et parfois les exigences au niveau de la qualité. Le projet de recherche propose d'utiliser ce catalogue comme base pour la normalisation.

Summary

Area-wide availability of traffic data is a vital requirement for successful traffic management. Only traffic data of high quality enables an anticipatory (proactive) or incident driven (reactive) regulation of traffic.

At this stage, different traffic data collection systems work differently considering specific technologies and its application and optimisation within an area. Their configurations are not intended for use beyond their designated purpose and area of application. Normally this would be considered as elaborate.

In terms of traffic management there are no distinct user requirements which define the quality of content and accuracy independently from the acquisition technology to finally conclude with a uniform and transparent set of quality criteria. As a result, it will provide a merging of data from different sources which will further allow multiple use and interoperability of traffic data.

For the purpose of this work several applications within the operational traffic management serve as the model to demonstrate the requirements of each of the specific traffic data related content, structure and quality. The result is finalised in a form of a data catalogue (see appendix III). Within this, it is focused on that kind of data which are either collected by direct measurement or determined by evaluating various measurements.

The first part of this work (chapters 2 and 3) describes the traffic data of all the different transport modes and its specific systems of data collection. Chapter 4 covers the requirements of content, that is, the structure and quality required of data for effective traffic management. Chapter 5 proposes a solution for an intermodal use of traffic data. In detail it lists traffic data and data collection systems for each application. Additionally it shows the conditions which allow intermodal use of the data.

The required quality criteria for traffic data defined quantitatively could not be done for all data. This was particularly the case for section-related traffic data collection, also known as Floating Car Data due to a lack of understanding of its data quality. From the author's point of view there is a need for substantial field trials by using different collection technologies. Considering the circumstances of this research it was not possible to include such a practical approach.

An essential result of this research is the fact that besides the existence of major differences between specific transport modes, there are certain traffic data which are well suited for intermodal traffic management. From the user's point of view this has a positive impact regarding the quality of pre trip information he gets. This includes presenting him with complex travel times of trip chains. On the other hand, for the operator the focus is on reliable information of traffic volume and level of service to finally make the right decisions regarding traffic regulation, distribution of information and recommendations disseminated to the road users. This also enables him to evaluate the benefit and efficiency of measures within traffic management.

The data catalogue given in the appendix lists all relevant traffic data related to traffic management by providing information about their content, application, spatio-temporal reference and partly on their required level of quality. It is proposed that this data catalogue serves as a basis for developing a standardisation of traffic data.

1 Einleitung

1.1 Aufgabenstellung

Im Rahmen der vorliegenden Forschungsarbeit soll ein Konzept erarbeitet werden, das aufzeigt, wie automatisch erhobene Verkehrsdaten aus unterschiedlichen Quellen und mit unterschiedlichen Strukturen als Datenbasis für verschiedene Verkehrsmanagementaufgaben (Lenken, Leiten, Steuern, Informieren) verwendet werden können.

Das Forschungsergebnis soll es dem Strasseneigentümer und Strassenbetreiber ermöglichen, seine Erfassungssysteme für das zukünftige Verkehrsmanagement auf den Nationalstrassen sowie verkehrsmittelübergreifend auf dem kantonalen und kommunalen Netz sinnvoll zu vernetzen und auszubauen sowie die Daten Dritter in seine eigenen Dienste zu integrieren bzw. seine eigenen Daten an Dritte abzugeben. Das Ziel ist eine umfassende und zukunftssichere Lösung, welche längerfristig umgesetzt werden soll.

Für das Verkehrsmanagement mit den Funktionen Lenken, Leiten, Steuern und Informieren ist die Verfügbarkeit flächendeckender Echtzeit-Verkehrsdaten, insbesondere von Reisezeiten, von grosser Bedeutung. Bisher wurden Erfassungssysteme unterschiedlicher Technologien meist als isolierte Einzelsysteme für einen bestimmten Zweck innerhalb eines begrenzten Perimeters eingerichtet und optimiert.

Es fehlen heute klare Benutzeranforderungen, die unabhängig von der eingesetzten Erfassungstechnologie einen gemeinsamen Raum-/Zeitbezug sowie klare und einheitliche Anforderungen an die Qualität der Inhalte und die Genauigkeit definieren. Ebenso darauf aufbauend eine Zusammenführung der Verkehrsdaten auf einheitlicher Basis und im Ergebnis ein intermodales Online-Routing, also eine Entscheidung über Routen- und Verkehrsmittelwahl in Echtzeit ermöglichen.

Dazu müssen die Informationen aus verschiedenen Datenquellen (unterschiedliche Zuständigkeitsbereiche und Erfassungstechniken) auf einer einheitlichen Grundlage zusammengeführt werden. Im Hinblick auf die Inhalte wie Raum- und Zeitbezug als einheitliche Basis für eine Zusammenführung der Verkehrsdaten besteht nach wie vor dringender Bedarf an Vereinheitlichung und Standardisierung.

Ein Schwerpunkt der Arbeit soll in der Standardisierung der Reisezeitermittlung liegen, da diese Grösse für die im Verkehrsmanagement anstehenden Aufgaben und Entscheidungen und für den Reisenden die umfassendste Aussage liefert. Im Ergebnis soll auf Basis der vereinheitlichten Verkehrsdaten eine Angabe der Reisezeiten für eine multimodale Transportkette möglich sein. Der zu entwickelnde Standard soll daher vollkommen unabhängig von der Erfassungstechnologie und universell auf alle Verkehrsarten und Verkehrsnetze anwendbar sein.

In die Forschungsarbeit sollen Erkenntnisse und Bedürfnisse laufender nationaler und regionaler Verkehrsmanagementprojekte aufgenommen werden. Erkenntnisse und Entwicklungen aus internationalen Aktivitäten sind unbedingt zu berücksichtigen. Die Resultate der Forschungsarbeit bilden die Grundlage für die Normierung und sind in der entsprechenden Form vorzulegen.

1.2 Erwarteter Nutzen

Die Forschungsarbeit sollte folgende Ergebnisse liefern:

- Überblick und Zusammenfassung des Stands der Technik in der Verkehrserfassung
- Überblick und Zusammenfassung der relevanten Schweizer und internationalen Normen
- Anforderungen aus Sicht des Verkehrsmanagements an Verkehrsdaten
- Anforderungen aus Sicht der Nutzer und Betreiber an eine verkehrsträgerübergreifende Zusammenführung und Nutzung von Verkehrsdaten und Verkehrsinformationen
- Ein praxisnaher Ansatz, wie Verkehrsdaten aus unterschiedlichen Quellen verkehrsträgerübergreifend und in Echtzeit für die Zwecke des Verkehrsmanagements genutzt werden können
- Eine verkehrsträgerübergreifende, für Verkehrsmanagement und Verkehrsinformation nutzbare Definition der Inhalte und Struktur der Reisezeit und weiterer Onlinedaten
- Grundlagen für Normierung basierend auf den Erkenntnissen des Forschungsauftrags

2 Grundlagen

2.1 Begriffsdefinitionen

2.1.1 Verkehrsmanagement

Unter Verkehrsmanagement versteht man die Gesamtheit aller Massnahmen planerischer, technischer, organisatorischer und rechtlicher Art, die räumlich und zeitlich geeignet sind, den gesamten Verkehrsablauf für Benutzer, Betreiber und Betroffene optimal zu gestalten.

Im Rahmen dieses Forschungsprojekts liegt der Fokus auf den Teilbereichen Verkehrsmanagement Strasse, Management des ruhenden Verkehrs, Management des öffentlichen Personenverkehrs und Verkehrsinformationen.

2.1.2 Verkehrsdaten

Der Begriff Verkehrsdaten beinhaltet je nach Zielsetzung sowohl Messgrössen und daraus abgeleitete Kennwerte als auch Verkehrsinformation, verkehrstechnische Attribute von Strassen oder diverse Meldungen der Polizei oder Unterhaltsdienste.

Gemäss der ASTRA-Weisung „Verkehrsdaten für das Verkehrsmanagement“ [21] beinhalten die Verkehrsdaten auch Angaben und Informationen zur aktuellen und prognostizierten Verkehrslage, zur Ereignissituation und zum Strassenzustand auf der Nationalstrasse sowie auf den Strassen, für welche die Kantone Verkehrsmanagementpläne zu erstellen haben. Im Einzelnen sind das:

- Verkehrsgrössen (messbare Grössen) aktuell und historisch
- Verkehrstechnische Kenngrössen (berechnete Kenngrössen) aktuell und historisch
- Betriebszustände Verkehrsbeeinflussung (VBA, LSA, etc.)
- Aktivierte Verkehrsmanagementmassnahmen (VMP)
- Polizeiliche Anordnungen
- Planbare Ereignisse wie Baustellen, Veranstaltungen oder Ferienverkehr
- Spontane Ereignisse wie Unfälle, Falschfahrer, Naturereignisse
- Wetter und Strassenzustand
- Verkehrsinformationen (pre-trip/on-trip)

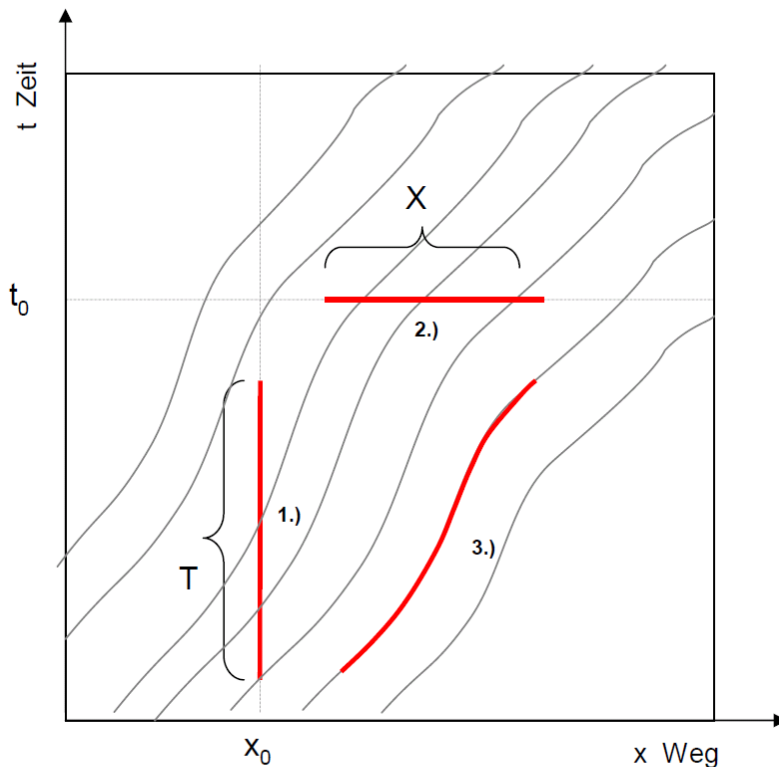
In der Anlage I sind die Struktur und die möglichen Inhalte der Verkehrsdaten dargestellt. Die vorliegende Forschungsarbeit ist auf die Verkehrsgrössen und die verkehrstechnischen Kenngrössen ausgerichtet.

2.2 Verkehrsgrößen

2.2.1 Methoden der Verkehrsbeobachtung

Um Verkehrsgrößen zu messen bzw. zu beobachten gibt es verschiedene Methoden:

- **Lokale Beobachtung** über einen Zeitraum T an einem festen Ort x_0
- **Momentane Beobachtung** über eine Strecke X zu einem Zeitpunkt t_0
- **Bewegte Beobachtung**: Stichprobenartige Beobachtung über einen Zeitraum T und Weg X mithilfe von mobilen Sensoren.



- 1.) Lokale Beobachtung
- 2.) Momentane Beobachtung
- 3.) Bewegte Beobachtung

Abb. 1: Methoden der Verkehrsbeobachtung

Bei der **lokalen Beobachtung** werden Fahrzeuge, Personen oder Güter erfasst, welche innerhalb eines bestimmten Beobachtungszeitraums T einen festgelegten Querschnitt x_0 passieren. Mithilfe der lokalen Beobachtung können die Zeitlücken zwischen den Fahrzeugen, die Verkehrsstärke (als Kehrwert der Zeitlücke) und die Einzelwerte der lokalen Geschwindigkeit erfasst werden. Bei der Messung der lokalen Geschwindigkeit handelt es sich genau genommen um eine **quasi-lokale Beobachtung**, da hierfür eine sehr kurze Messstrecke (z.B. in Form von zwei hintereinander liegenden Induktionsschleifen) benötigt wird.

Mithilfe von zwei lokalen Beobachtungen am Anfang und am Ende einer Messstrecke ist eine **Reisezeitmessung** möglich. Aus der Zeitdifferenz zwischen den Beobachtungen eines Fahrzeugs an zwei aufeinander folgenden lokalen Messquerschnitten wird die Reisezeit bzw. die mittlere Reisegeschwindigkeit zwischen den beiden Messpunkten bestimmt.

Bei der **momentanen Beobachtung** werden die Fahrzeuge erfasst, die sich zu einem bestimmten Zeitpunkt t_0 innerhalb einer Messstrecke X befinden. Dieses Messverfahren ist in der Praxis weitaus schwieriger umzusetzen, da die gleichzeitige Positions- und Geschwindigkeitsbestimmung vieler Fahrzeuge auf einem Streckenabschnitt notwendig ist. Bildlich gesehen wäre dafür ein erhöhter Beobachtungsstandort erforderlich, von dem aus alle Fahrzeuge im Beobachtungssperimeter auf einmal erfasst werden können. Mit einer momentanen Beobachtung können die Fahrzeugabstände, die Verkehrsdichte (als Kehrwert der Fahrzeugabstände) und die Einzelwerte der Momentangeschwindigkeit gemessen werden.

Wegen der Schwierigkeit, momentane Geschwindigkeiten zu bestimmen, wäre in der Praxis eine quasi-momentane Beobachtung erforderlich. Dabei wird die Wegstrecke gemessen, die ein Fahrzeug während einer sehr kurzen Zeitspanne zurücklegt und daraus die Geschwindigkeit ermittelt. Die momentane Beobachtung spielt wegen der genannten Schwierigkeiten in der heutigen Praxis keine Rolle. Untersucht wurden bisher Ansätze zur Beobachtung mit Luftfahrzeugen oder Satelliten.

Die **bewegte Beobachtung** ist eine Stichprobe anhand eines einzelnen Fahrzeugs oder eines einzelnen Beobachters, das/der im Verkehr mitschwimmt. Mithilfe der bewegten Beobachtung kann der Fahrtverlauf in Form eines Zeit-Weg-Diagramms aufgezeichnet werden. Das Resultat ist die Reisezeit bzw. Reisegeschwindigkeit. Die bewegte Beobachtung kommt bei Floating Car Data oder bei Floating Phone Data vor.

2.2.2 Verkehrsgrößen im Strassenverkehr

Die im Strassenverkehr erhobenen Verkehrsgrößen beschreiben den Verkehrsfluss entweder **mikroskopisch** für einzelne Fahrzeuge oder **makroskopisch** mithilfe von aggregierten Größen über einen Zeitraum, Streckenabschnitt oder Fahrzeugtyp. Für das Verkehrsmanagement sind vor allem die makroskopischen Verkehrsgrößen bedeutsam. Die mikroskopischen Größen kommen in erster Linie für die lokale Verkehrssteuerung (verkehrsabhängige LSA-Steuerung) oder bei der mikroskopischen Verkehrssimulation zum Einsatz.

Für eine mikroskopische Beschreibung des Verkehrsablaufs und das räumlich-zeitliche Abstandsverhalten aufeinander folgender Fahrzeuge sind v.a. folgende Größen gebräuchlich:

- **Zeitlücke Δt** [Zeit/Fahrzeug]: Zeitlicher Abstand zwischen den Durchgängen der Bezugspunkte aufeinander folgender Fahrzeuge eines Fahrzeugstroms an einem Messquerschnitt x_0 .
- **Weglücke Δs** [Weg/Fahrzeuge]: Räumlicher Abstand zwischen den Bezugspunkten aufeinander folgender Fahrzeuge eines Fahrzeugstroms zum Zeitpunkt t_0 .

Für eine makroskopische Beschreibung des Strassenverkehrs sind folgende Grössen gebräuchlich:

- **Verkehrsstärke q** [Fahrzeuge/Zeit]: Anzahl der Fahrzeuge, die während des Beobachtungszeitraums T an einem festen Messquerschnitt x_0 vorbeifährt.
- **Lokale Geschwindigkeit v_L** [Weg/Zeit]: Geschwindigkeit im Messquerschnitt x_0
- **Momentane Geschwindigkeit v_M** [Weg/Zeit]: Geschwindigkeit zum Zeitpunkt t_0
- **Abschnittsbezogene Reisezeit T_R** [Zeit]: Zeitbedarf für einen definierten Streckenabschnitt zwischen zwei Messpunkten. Die Reisezeit beinhaltet auch den zusätzlichen Zeitbedarf aufgrund von Verkehrsstörungen (vgl. Kap. 2.3.6).
- **Abschnittsbezogene Reisegeschwindigkeit v_R** [Weg/Zeit]: Quotient aus der Länge des Abschnitts und der Reisezeit für diesen Abschnitt
- **Verkehrsdichte k** [Fahrzeuge/Weg]: Anzahl der Fahrzeuge, die sich zum Zeitpunkt t_0 auf einem Streckenabschnitt X befindet.

Da eine messtechnische Erfassung der Verkehrsdichte schwierig ist, wird sie in der Praxis aus Geschwindigkeit und Verkehrsstärke berechnet. Das sogenannte Fundamentaldiagramm der Verkehrstechnik stellt den Zusammenhang zwischen den drei Verkehrsgrössen Verkehrsstärke q , Geschwindigkeit v und Verkehrsdichte k für einen homogenen und stationären Verkehrsfluss ($v_L = v_M$) her.

Formel 1: Zusammenhang von q , k und v im Fundamentaldiagramm

$$q = k \cdot v$$

k = Verkehrsdichte [Fz/km]

q = Verkehrsstärke [Fz/h]

v = Geschwindigkeit ($v_L = v_M$) [km/h]

Weitere Erkenntnisse zum Fundamentaldiagramm und mögliche Anwendungen sind ausführlich in dem FGSV-Merkblatt „Das Fundamentaldiagramm – Grundlagen und Anwendungen“ [31] beschrieben.

2.2.3 Verkehrsgrössen für den Langsamverkehr

Im Zusammenhang mit dem Verkehrsmanagement sind die Verkehrsgrössen für den Langsamverkehr vor allem an den Schnittstellen bzw. den Konfliktpunkten mit anderen Verkehrssystemen von Bedeutung.

Die Schnittstelle bzw. der Konfliktpunkt mit dem motorisierten Individualverkehr wird mithilfe von Lichtsignalen für Velostreifen und Fussgängerstreifen geregelt. Dies ist ein wichtiges Aufgabenfeld des Verkehrsmanagements innerhalb der Städte. Die Verkehrssicherheit steht dabei immer im Vordergrund.

An der Schnittstelle zwischen Langsamverkehr und öffentlichem Verkehr stehen vor allem die Zugangsmöglichkeiten, die Abstellflächen für Velos, die Entfernung zwischen den Umsteigepunkten und im Bereich von Bahnhöfen, Flughäfen und Veranstaltungsorten auch die Entflechtung starker Fussgängerströme durch eine zweckmässige Wegweisung im Vordergrund.

Verkehrsgrößen für den Veloverkehr

Die Qualität des Veloverkehrs lässt sich nur schwer durch messbare Verkehrsgrößen ausdrücken. Vielmehr ist er in hohem Masse von weichen Faktoren abhängig wie: Verkehrssicherheit, Anzahl der Konfliktpunkte mit dem motorisierten Verkehr, Durchgängigkeit des Wegenetzes, Konsistenz der Wegweisung oder Verfügbarkeit von Abstellplätzen bei öffentlichen Einrichtungen. Nur in sehr seltenen Fällen kommt es auf der Strecke oder an Knotenpunkten zu Kapazitätsproblemen, welche eine Dimensionierung ausserhalb der geltenden Entwurfsgrundsätze erfordern. Die meisten Fragestellungen zum Veloverkehr sind Themen der Angebotsplanung und der Verkehrssicherheit. Zu diesem Zweck sind stichprobenartige Erhebungen ausreichend, eine automatische Erfassung in Echtzeit ist hierfür nicht zwingend erforderlich.

Es stellt sich die Frage, welche Verkehrsgrößen des Veloverkehrs tatsächlich für das Verkehrsmanagement von Bedeutung sind.

- Im Rahmen der verkehrsabhängigen Lichtsignalsteuerung erfolgt die messtechnische Erfassung von Velos zur Anforderung und Verlängerung der entsprechenden Phase (Belegung des Sensors).
- Für statistische Zwecke wäre mithilfe der LSA-Schleifen auch eine Zählung möglich. Die Kenntnis der Verkehrsstärke ist aber in erster Linie für die Angebotsplanung von Velostreifen oder Abstellplätzen von Bedeutung. Im Verkehrsmanagement ist kein Anwendungsfall dafür bekannt.
- Die Erfassung der Geschwindigkeit von Velos macht wenig Sinn, da die Geschwindigkeit sehr stark von der Längsneigung und den körperlichen Fähigkeiten des Einzelnen abhängt (grosse Streuung, geringe Aussagekraft).
- Die Reisezeit hat zwar eine gewisse Bedeutung im Zusammenhang mit der individuellen Verkehrsinformation (Veloroutenplaner oder Navigationssystem). Für diese Zwecke ist aber eine aufgrund der vorgegebenen Weglänge und einer angenommenen, mittleren Geschwindigkeit geschätzte Reisezeit zweckmässiger.
- Die Verfügbarkeit von Veloabstellplätzen wäre für ein „Veloparkleitsystem“ von Interesse. Ein solches System würde aber vermutlich am grossen Aufwand für die Erfassung der Stellplatzbelegung und den fehlenden Möglichkeiten zur Durchsetzung von vordefinierten Stellplätzen für Velos scheitern.

Aufgrund dieser Überlegungen kommen die Verfasser zu dem Schluss, dass die oben genannten Verkehrsgrößen des Veloverkehrs für das Verkehrsmanagement nicht von Bedeutung sind.

Verkehrsgrößen für den Fussgängerverkehr

Der Fussgängerverkehr stellt die Verbindung zwischen den einzelnen Verkehrssystemen dar. Bei einer Wegekette über mehrere Verkehrssysteme liegen zwischen dem Ausgangspunkt der Reise und dem Zielort meist mehrere Fusswege. Besonders an Bahnhöfen, Flughäfen, Einkaufszentren oder Veranstaltungsorten ist der Fussgängerverkehr die dominierende Verkehrsart.

Für die Beschreibung und Beurteilung des Fussgängerverkehrs kommen folgende Verkehrsgrößen in Frage:

- **Fussgängerverkehrsstärke q** [Personen / Beobachtungsintervall]: Anzahl von Personen, die im Beobachtungsintervall T einen definierten Messquerschnitt x_0 passiert. Je nach Aufgabenstellung ist zwischen Einrichtungsverkehr und Gegenrichtungsverkehr zu unterscheiden.
- **Spezifische Fussgängerverkehrsstärke q_{spez}** [Personen / (Beobachtungsintervall * nutzbare Wegbreite)]: Um eine Vergleichbarkeit zwischen unterschiedlichen Beobachtungsquerschnitten zu ermöglichen, ist es zweckmässig, die Fussgängerverkehrsstärke auf die nutzbare Gehwegbreite B zu beziehen.
- **Fussgängerdichte k** [Personen / Fläche]: Ein wichtiges Merkmal für die Qualität des Fussgängerverkehrs ist die Möglichkeit, sich ohne Beeinträchtigung zwischen anderen Fussgängern zu bewegen. Die Fussgängerkehrsdichte kann daher als ein wesent-

liches Qualitätskriterium für Fussgängeranlagen betrachtet werden [26]. Dabei ist zwischen einem Fussgängerstrom in Bewegung (Gehwege, Treppenanlagen) und zwischen einer Wartesituation (Haltestellen, Perrons, Fussgängerinseln) zu unterscheiden.

- **Gehgeschwindigkeit v_0** [Weg / Zeit]: Abhängig vom Verkehrszweck (Arbeit, Freizeit, Einkaufen) und den äusseren Bedingungen (Längsneigung, Witterung) ist von unterschiedlichen Gehgeschwindigkeiten auszugehen. Typische Gehgeschwindigkeiten auf ebenen Wegen liegen zwischen 1 – 1.5 m/s. Auf Treppenanlagen ist mit geringeren Geschwindigkeiten zu rechnen.

Zwischen Fussgängerverkehrsstärke, Fussgängerverkehrsdichte und Gehgeschwindigkeit besteht folgender Zusammenhang:

Formel 2: Fussgängerverkehrsstärke und Fussgängerverkehrsdichte

$$q = k \cdot v \cdot B$$

q = Fussgängerverkehrsstärke [Pers/s]
 k = Fussgängerverkehrsdichte [Pers/m²]
 v = Gehgeschwindigkeit v_0 [m/s]
 B = nutzbare Gehwegbreite [m]

Das „Handbuch zur Bemessung von Strassenverkehrsanlagen“ [26] gibt Hinweise zu den relevanten Verkehrsgrössen des Fussgängerverkehrs sowie zur Dimensionierung und zur qualitativen Beurteilung von Anlagen für den Fussgängerverkehr.

2.2.4 Verkehrsgrössen im öffentlichen Verkehr

Für das Management des öffentlichen Verkehrs sind folgende Verkehrsgrössen von Bedeutung:

- Anzahl der Fahrgäste in einem Fahrzeug zwischen zwei Haltestellen bzw. Bahnhöfen
- Sitzplatzverfügbarkeit oder Besetzungsgrad eines Kurses
- Abweichung vom Fahrplan, bezogen auf eine Haltestelle oder einen Bahnhof
- Abschnittsbezogene Reisezeit zwischen zwei Haltestellen oder Bahnhöfen
- Fahrzeugposition zum Zeitpunkt t_0

Das ÖPNV-Datenmodell der VDV Standardschnittstelle Liniennetz/Fahrplan, Schrift 452 [28] legt weitere Daten zu Liniennetz und Fahrplan im öffentlichen Verkehr fest, welche aber in diesem Zusammenhang nicht behandelt werden können.

2.2.5 Verkehrsgrössen für den ruhenden Verkehr

Für das Management des ruhenden Verkehrs ist die Erfassung folgender Grössen wichtig:

- Anzahl der ein- und ausfahrenden Fahrzeuge [Fz/h] (an einer Parkieranlage)
- Anzahl der freien und belegten Stellplätze [Stellplätze/Anlage]

Die Erfassung der ein- und ausfahrenden Fahrzeuge erfolgt entweder durch die Schrankenanlagen oder mithilfe von Sensoren in den Ein- und Ausfahrten.

Die Anzahl der belegten/freien Plätze ergibt sich aus den ein- und ausfahrenden Fahrzeugen oder wird direkt durch Systeme zur Erfassung der Einzelplatzbelegung ermittelt.

Die erfassten Grössen beziehen sich immer auf eine einzelne Anlage des ruhenden Verkehrs (Parkhaus oder Parkplatz) oder auf ein Gebiet (z.B. Innenstadt).

Die Angaben zu der Stellplatzverfügbarkeit gelten grundsätzlich auch für Zweiräder (Motorräder und Velos), wobei die Erfassung dieser Verkehrsmittel schwieriger ist.

2.3 Verkehrstechnische Kenngrößen

Die verkehrstechnischen Kenngrößen dienen zur Beurteilung und Bewertung einer Verkehrssituation oder Verkehrsanlage. Diese Größen werden nicht durch eine Messung erhoben, sondern mithilfe der gemessenen Verkehrsgrößen berechnet, anhand von Normen hergeleitet oder als feste Grösse vorgegeben.

2.3.1 Übersicht

Im Zusammenhang mit dem Verkehrsmanagement kommen folgende Kenngrößen in Betracht:

Kenngrößen für den Strassenverkehr

- Kapazität einer Verkehrsanlage [Fahrzeuge/Zeiteinheit]
- Auslastungsgrad einer Verkehrsanlage [Prozent]
- Verkehrsleistung bezogen auf eine Strecke oder ein Verkehrsnetz [Fahrzeuge * Weg / Zeit]
- Verkehrsqualität: Qualitative Bewertung des Verkehrszustands auf einer Strecke oder an einem Knotenpunkt als Level of Service [A-F]
- Verkehrszustand: Beschreibung des Verkehrsflusses auf einer Strecke [frei, dicht, stockend, gestaut]
- Komplexe Reisezeit T [h, min]: Verkehrsträgerübergreifende Gesamtreisezeit von „Tür zu Tür“
- Wartezeit T_w [h, min, s]: Wartezeit an einem Knotenpunkt oder einer Abfertigungsanlage
- Rückstaulänge [m, km]: Länge eines Rückstaus von der Stauwurzel bis zum Stauende
- Zeitverlust T_v [h, min, s]: Differenz zwischen der theoretischen Reisezeit im Normalfall und der zum Betrachtungszeitpunkt tatsächlich möglichen Reisezeit

Kenngrößen für den öffentlichen Verkehr

- Kapazität im öffentlichen Verkehr (Fahrgäste/Zeiteinheit) SN 240 280
- Auslastungsgrad / Sitzplatzverfügbarkeit von Fahrzeugen, Kursen, Linien [Prozent]
- Verkehrsleistung eines einzelnen Kurses, einer Linie [Personen * Weg / Zeit]
- Verkehrsqualität: Beförderungsqualität einer Linie oder eines Kurses aufgrund von Reisezeiten, Warte- und Umsteigezeiten oder verfügbare Sitz-/Stehplätze im Fahrzeug
- Komplexe Reisezeit [h, min]: Verkehrsträgerübergreifende Gesamtreisezeit von „Tür zu Tür“
- Umsteigezeit T_u [h, min]: Zeitbedarf für Umsteigevorgänge
- Verspätung / Verfrühung T_v [h, min]: Zeitdifferenz zwischen tatsächlicher und fahrplanmässiger Ankunft/Abfahrt

Kenngrößen für den ruhenden Verkehr

- Stellplatzkapazität einer Anlage für den ruhenden Verkehr (einzelnes Objekt) oder eines Gebiets (z.B. Innenstadt)
- Auslastungsgrad einer Anlage des ruhenden Verkehrs oder eines Gebiets zu einem bestimmten Zeitpunkt t_0
- Suchzeit für Abstellplatz [Sekunden, Minuten]: Mittlerer Zeitbedarf für die Parkplatzsuche

2.3.2 Kapazität

Die Kapazität ist die Verkehrsstärke, die ein Verkehrsstrom (Fahrzeuge, Personen oder Güter) bei optimalen Verkehrsbedingungen an einem bestimmten Querschnitt erreichen kann. Diese Definition basiert auf der grösstmöglichen Verkehrsstärke ohne Berücksichtigung der dabei auftretenden Geschwindigkeit oder Verkehrsqualität.

Die Kapazität eines Strassenquerschnitts kann durch eine Messung nur näherungsweise festgestellt werden, da es zum Zeitpunkt der Messung nicht sicher ist, ob die gemessene Verkehrsstärke auch die höchst mögliche Verkehrsstärke darstellt, oder ob unter anderen Bedingungen nicht eine noch höhere Verkehrsstärke möglich gewesen wäre. Der aktuelle Stand der Forschung geht davon aus, dass es sich bei der Kapazität einer Strasse um eine Zufallsgrösse handelt [33].

In den Schweizer Normen [1], [2] und [3] werden die Strassenkapazitäten aufgrund der Überschreitungswahrscheinlichkeit für die 30., 50. oder n-te Stunde des ausgewerteten Jahres angegeben. Das heisst, die als Kapazität angegebene „maximal mögliche Verkehrsstärke“ wird statistisch gesehen für 30, 50 oder n Stunden innerhalb eines Jahres überschritten.

Die Kapazität des öffentlichen Verkehrs gibt an, wie viele Personen je Kurs oder je Linie befördert werden können. Sie ergibt sich aus dem Fahrplankontakt und den jeweils eingesetzten Fahrzeugen.

Für den ruhenden Verkehr gibt die Kapazität Auskunft über die Anzahl der Stellplätze, welche je Anlage oder für ein Gebiet (z.B. Innenstadt) dem ruhenden Verkehr zur Verfügung stehen.

2.3.3 Auslastungsgrad

Der Auslastungsgrad einer Verkehrsanlage oder eines Verkehrssystems beschreibt das Verhältnis zwischen Angebot und Nachfrage.

- Der Auslastungsgrad einer Strasse ist der Quotient aus Verkehrsstärke und Kapazität.
- Im öffentlichen Verkehr ist der Auslastungsgrad der Quotient aus Anzahl Fahrgäste und der angebotenen Transportkapazität.
- Der Auslastungsgrad einer Anlage für den ruhenden Verkehr beschreibt das Verhältnis von belegten Stellplätzen zur Stellplatzkapazität.

2.3.4 Verkehrsleistung

Verkehrsarbeit und Verkehrsleistung sind in Analogie zur mechanischen Arbeit und Leistung zu verstehen. Die Verkehrsarbeit ist das Produkt aus der Anzahl Fahrzeuge (bzw. Personen oder Güter) und der von ihnen zurückgelegten Wegstrecke. Die Verkehrsleistung ist der Quotient aus Verkehrsarbeit und der Zeitspanne, in welcher diese Arbeit verrichtet wird.

Für die praktische Anwendung im Verkehrsmanagement Strasse bietet es sich an, die Verkehrsleistung als Produkt aus Verkehrsstärke q , Reisegeschwindigkeit v_R und dem Analysezeitraum T nach folgender Formel zu berechnen [33], [34].

Formel 3: Verkehrsleistung

$$L = q * v_R * T$$

L = Verkehrsleistung [Fz * km/h] oder [Pers. * km/h] oder [t_0 * km/h]

q = Verkehrsstärke [Fz/h] oder [Pers. * h] oder [t_0 * h]

v_R = Reisegeschwindigkeit [km/h]

T = Analysezeitraum [h] ($T = 1h$)

Die Verkehrsleistung kann auch als die Summe der pro Zeiteinheit von Fahrzeugen respektive Personen gefahrenen Kilometern betrachtet werden (z.B. SN 641820 für den öffentlichen Personenverkehr).

Die Verkehrsleistung kann nicht nur für eine ökonomische Betrachtung (Kosten-/Nutzen-Analyse), sondern auch im Verkehrsmanagement als Zielgrösse für eine optimale Bewirtschaftung der Verkehrsanlagen oder für einen Vergleich zwischen verschiedenen Routen oder Verkehrsträgern verwendet werden.

Die optimale Ausnutzung eines Verkehrssystems ist bei maximaler Verkehrsleistung erreicht. Im Strassenverkehr ist dies ungefähr bei einem Auslastungsgrad von 90% (Grenze LOS D / E) der Fall [34].

2.3.5 Verkehrsqualität und Verkehrszustand

Für die qualitative Beurteilung des Verkehrsablaufs wird der jeweils vorherrschende oder erwartete Verkehrszustand in Kategorien der Verkehrsqualität beschrieben. Je nach Art der Verkehrsanlage (Autobahn, Hauptstrasse, Knotenpunkt) können dafür verschiedene Beurteilungsgrössen herangezogen werden.

Verkehrsqualität (Planung)

Der Begriff der Verkehrsqualität wurde erstmals 1965 im US-amerikanischen **Highway Capacity Manual**, das aktuell in der Ausgabe HCM 2000 [24] vorliegt, als „Level of Service“ mit den sechs Qualitätsstufen A-F beschrieben.

Als wichtigste Grösse für den Verkehrszustand auf einer Strasse gilt die Verkehrsdichte, da das geschwindigkeitsabhängige Abstandsverhalten der Fahrzeuge als massgebend für den Verkehrsfluss angesehen wird (Primat der Verkehrsdichte). Als weitere Grössen können die Geschwindigkeit, die Verkehrsmenge oder Reise- und Wartezeiten berücksichtigt werden.

Das deutsche „**Handbuch zur Bemessung von Strassenverkehrsanlagen**“ (HBS 2001) [26] definiert die Qualitätsstufen des Verkehrsablaufs A-F abhängig von Strassentyp und Verkehrsart. Es ermöglicht eine Bestimmung der Verkehrsqualität für verschiedene Strassentypen, Knotenpunktformen und Verkehrsarten wie Strassenfahrzeuge, Fussgänger und öffentlichen Verkehr.

Nach dem HBS sind die massgebenden Grössen für die Qualität des motorisierten Strassenverkehrs die Verkehrsdichte (auf Hauptstrassen), der Auslastungsgrad (auf Autobahnen und an planfreien Knotenpunkten) und die mittlere Wartezeit (an Knotenpunkten mit und ohne LSA).

Die Verkehrsqualität für den strassengebundenen öffentlichen Personennahverkehr wird anhand der Beförderungsgeschwindigkeit und der Störungshäufigkeit zwischen den Haltestellen und der Sitzplatz- und Stehflächenverfügbarkeit im Fahrzeug ermittelt.

Die Verkehrsqualität für Anlagen des Fussgängerverkehrs wird mithilfe der Fussgängerverkehrsdichte [Personen/m²] jeweils getrennt für Fussgängerbewegungen und Wartesituationen ermittelt.

Die **Schweizer Normengruppe Leistungsfähigkeit, Verkehrsqualität, Belastbarkeit** [1], [2] und [3] greift das Konzept der Verkehrsqualitätsstufen [A-F] auf. Als Mass für die Verkehrsqualität kommen Geschwindigkeiten, Reisezeiten, Überholmöglichkeiten, Wartezeiten, Auslastungsgrad, die Anzahl Halte oder Kombinationen davon in Frage. Die Verkehrsqualität auf Autobahnen und an Knotenpunkten mit LSA wird anhand des Auslastungsgrades an Knotenpunkten ohne LSA und Kreisverkehren aufgrund der Wartezeiten bestimmt.

Verkehrszustand (Betrieb)

Die oben skizzierten Ansätze eignen sich, um Fragestellungen der Verkehrsplanung z.B. für die Dimensionierung von Verkehrsanlagen zu beantworten. **Für die Anwendung im operativen Verkehrsmanagement sind diese Ansätze jedoch nur bedingt anwendbar.**

Für das operative Verkehrsmanagement wird eine andere Definition der Verkehrszustände als für Planungszwecke benötigt. Die bekannten Ansätze für die Verkehrszustandsermittlung zum Zwecke der Verkehrssteuerung oder für Verkehrslagedarstellung und Kurzfristprognosen unterscheiden sich daher nicht nur in der Anzahl von LOS-Stufen, sondern auch hinsichtlich der Wahl der massgebenden Kriterien und der Schwellenwerte von den oben dargestellten Ansätzen.

Für Verkehrsbeeinflussungsanlagen auf deutschen Autobahnen kommt das Verfahren zur Verkehrszustandsermittlung gemäss dem „**Merkblatt für die Ausstattung von Verkehrsrechnerzentralen und Unterzentralen**“ **MARZ 99** [27] zur Anwendung. Die Ermittlung der vier Verkehrszustände freier Verkehr (Z1), dichter Verkehr (Z2), zähfließender Verkehr (Z3) und Stau (Z4) erfolgt anhand der geglätteten Werte der **mittleren lokalen Fahrzeuggeschwindigkeit** und der **lokalen Verkehrsdichte**. Abhängig von der Anzahl der Fahrstreifen sind Schwellenwerte definiert, aus deren Über- oder Unterschreiten sich die Zustandsänderung ergibt. Die Schwellenwerte des MARZ 99 sind Vorgaben für die Erstversorgung von Verkehrsbeeinflussungsanlagen, die im Laufe des Betriebs gemäss den Erfordernissen zu korrigieren sind.

Eine vergleichbare Vorgabe für Schweizer Autobahnen gibt es nicht. Meist wird lieferanten- und projektspezifisch entweder eine eigene Methode oder MARZ angewendet.

Für die **Verkehrslagedarstellung** im Rahmen der Startkonfiguration der **Verkehrsmanagementzentrale VMZ-CH** des ASTRA in Emmenbrücke wurde eine eigene Methode, in Anlehnung an MARZ, aber mit einigen Änderungen verwendet. Da die Methode auf ein Strassennetz mit zum Teil sehr unterschiedlichen Strassen angewendet wird (Nationalstrassen erster, zweiter und dritter Klasse) und die Schwellenwerte aber für das gesamte Netz gelten sollen, sind die Schwellenwerte der Geschwindigkeit für die Stufen Z1 – Z3 nicht als absolute Werte, sondern relativ zur signalisierten Höchstgeschwindigkeit angegeben. Der Zustand Stau (Z4) ist absolut durch Geschwindigkeiten unter 35 km/h und einer Dichte > 20 Fz/h charakterisiert. Ausserdem wurde eine zusätzliche Verkehrsstufe Z5 eingeführt. Diese Stufe ist durch eine geringe Geschwindigkeit ($v < 35$ km/h) und eine geringe Verkehrsdichte ($k < 20$ Fz/km) gekennzeichnet. Dieser Zustand tritt dann ein, wenn bei Eisglätte oder starkem Schneefall sehr langsam und mit grossem Abstand gefahren wird.

Mit der flächendeckenden Verfügbarkeit von **abschnittsbezogenen Reisezeiten** (oder Reisegeschwindigkeiten) könnte die Verkehrszustandsermittlung, die heute nur auf lokalen Querschnittsdaten beruht, erheblich verbessert werden.

Auf freier Strecke der **Hauptverkehrsstrassen** wäre eine Online-Ermittlung des Verkehrszustands analog zur Verkehrserfassung der Autobahn (lokale Verkehrszustandsermittlung) prinzipiell möglich. Ein solches Vorhaben würde aber angesichts der heute zu geringen Messstellendichte bzw. mangels Echtzeitdaten in den meisten Fällen nur wenig aussagekräftige Ergebnisse liefern.

Eine für das Verkehrsmanagement brauchbare und flächendeckende Verkehrszustandsermittlung auf den Hauptverkehrsstrassen ist nach Ansicht der Verfasser nur möglich, wenn für das betrachtete Strassennetz aktuelle abschnittsbezogene Reisezeiten oder Reisegeschwindigkeiten (z.B. aus Floating Car Data oder Floating Phone Data) in ausreichender Qualität vorliegen.

Auf den **Innerortsstrassen** wird der Verkehrsablauf massgeblich durch die Verkehrssteuerung an den Knotenpunkten beeinflusst. Die wichtigsten Grössen zur Beurteilung der Verkehrsqualität an innerstädtischen Knotenpunkten sind die **mittlere Wartezeit** und die **Rückstaulänge**.

Im **strassengebundenen öffentlichen Personenverkehr (Tram, Bus)** kann die Verkehrsqualität anhand der **effektiven Reisezeit** zwischen den Haltestellen (bzw. **Fahrplanabweichung** bezogen auf die jeweilige Haltestelle) und aufgrund der **Verfügbarkeit von Sitzplätzen oder Stehplätzen** in den Fahrzeugen beurteilt werden. Gleiches gilt auch für den **schienengebundenen Fernverkehr**.

Die Verkehrsqualität für die **Fussgängerströme** und für die Anzahl **Wartender** im Bereich von Haltestellen, Bahnhöfen oder Flughäfen ist durch die Bewegungsfreiheit des Einzelnen bzw. durch den räumlichen Abstand zu den anderen Fussgängern bestimmt. Gemäss dem HBS [26] wird die Verkehrsqualität für Fussgänger und Wartende mithilfe der **Fussgängerdichte** [Personen/m²] bezogen auf die effektiv nutzbare Verkehrsfläche beschrieben.

Bei **Anlagen des ruhenden Verkehrs** kann die Verkehrsqualität durch die Anzahl der **freien Stellplätze** und der **Suchdauer für einen Abstellplatz** beschrieben werden.

2.3.6 Reisezeit und Zeitverlust

Die Reisezeit ist die Zeitspanne zwischen der Abfahrt am Abfahrtsort A und der Ankunft am Zielort Z.

Bei der Reisezeit ist zu unterscheiden zwischen der abschnittsbezogenen und der komplexen Reisezeit. Die **abschnittsbezogene Reisezeit** auf einem definierten Streckenabschnitt (bzw. Messstrecke zwischen zwei Messquerschnitten) ist im Kapitel 2.2 beschrieben. Die **komplexe Reisezeit** ist eine allgemeingültige Definition der Reisezeit für eine verkehrsträgerübergreifende Wegekette vom Ausgangspunkt zum Endpunkt der Reise (von „Tür zu Tür“).

Die Reisezeit beinhaltet neben der Beförderungszeit die Wartezeit an Knotenpunkten und Abfertigungsanlagen, die unplanmässigen Zeitverluste aufgrund von Verkehrsstörungen sowie den Zeitbedarf für Umsteigevorgänge in ein anderes Verkehrsmittel.

Die Reisezeit ist neben der Weglänge ein wesentliches Kriterium für die **Verkehrsmittel- und Routenwahl im Netz**. Sie kann verkehrsmittelübergreifend als Indikator für die Qualität einer Verkehrsverbindung und den Vergleich zwischen verschiedenen Verkehrsträgern verwendet werden.

Formel 4: Komplexe Reisezeit

$$T_{(tx)} = \sum TF_{(tx)} + \sum TV_{(tx)} + \sum TW_{(tx)} + \sum T\ddot{U} + TS_{(tx)} + TZ + TA$$

$T_{(tx)}$ Komplexe Reisezeit für eine Reise, welche zum Zeitpunkt tx beginnt.

$\sum TF_{(tx)}$ **Summe der Beförderungszeiten.** Im öffentlichen Verkehr wird die Beförderungszeit durch den Fahrplan bestimmt. Im Strassenverkehr ist sie von der tageszeitlich bedingten Verkehrslage bzw. der jeweils möglichen Reisegeschwindigkeit abhängig. Bekannte regelmässig auftretende (vorhersehbare) Zeitverluste z.B. in den Pendlerspitzen werden bei der Beförderungszeit mitberücksichtigt.

- $\Sigma TV_{(tx)}$ Summe der Zeitverluste** aufgrund nicht vorhersehbarer Störungen. Die Zeitverluste aufgrund von nicht vorhersehbaren Störungen sind unabhängig von der Tageszeit und vom Wochentag, da sie zufällig auftreten. Sie sind abhängig von Ankunftszeitpunkt am Ort der Störung (z.B. Stauende) bzw. vom Abfahrtszeitpunkt. Daher können diese Zeitverluste nur aufgrund einer konkreten Situation (Staulänge, Dauer der Sperrung, etc.) und abhängig vom Zeitpunkt des Reiseantritts bzw. der tatsächlichen Ankunft am Ort der Störung bestimmt werden.
- $\Sigma T\ddot{U}$ Summe der Übergangszeiten bei Umsteigevorgängen.** Die Übergangszeiten sind in hohem Masse von der Gehgeschwindigkeit der einzelnen Person bzw. der zurückzulegenden Wegstrecke abhängig. Vereinfacht wird angenommen, dass die Übergangszeit vom Zeitpunkt der Reise weitgehend unabhängig ist, da die Differenzen aufgrund der vorherrschenden Fussgängerdichte nicht mehr ins Gewicht fallen als die Unterschiede aufgrund der individuellen Gehgeschwindigkeit. Es wird vorgeschlagen, die Übergangszeiten für jede Umsteigebeziehung aus der Weglänge zwischen einem angenommenen Aus-/Einstiegspunkt (an der fiktiven Mitte des Perrons) und mit einer Gehgeschwindigkeit von 0,8 m/s zu ermitteln. Diese Gehgeschwindigkeit wird in der Regel von den meisten Personen überschritten, sie bietet aber eine ausreichende Sicherheit bei der Wahl der Anschlussverbindung und berücksichtigt auch die verminderte Geschwindigkeit bei hoher Fussgängerdichte oder aufgrund von Treppenanlagen.
- $\Sigma TW_{(tx)}$ Summe der Wartezeiten an Haltestellen und Bahnhöfen.** Die Wartezeiten an Haltestellen und Bahnhöfen sind abhängig vom Zeitpunkt der Reise. Sie ergeben sich aus der Zeitdifferenz zwischen der Ankunft an der Einstiegsstelle (Haltestelle oder Perron) und der fahrplanmässigen Abfahrt des Verkehrsmittels. Ein ausserplanmässiger Zeitverlust bei der Beförderungszeit kann dazu führen, dass die beabsichtigte Anschlussverbindung nicht mehr erreicht wird und die Wartezeit bis zum nächsten Anschluss deutlich ansteigt.
- $TS_{(tx)}$ Suchzeit für einen Abstellplatz** (einschliesslich der Abfertigungszeit aufgrund Gebührenerhebung). Die Suchzeit für einen Abstellplatz ist abhängig von der Anzahl der freien Stellplätze am Zielort bzw. der Wahrscheinlichkeit, einen freien Stellplatz in der Nähe des Ziels zu finden. Die Verfügbarkeit freier Stellplätze ist in den Innenstädten, Wohnquartieren oder Einkaufszentren stark abhängig vom Wochentag und der Tageszeit. Im Bereich von Veranstaltungsorten ist die Stellplatzverfügbarkeit abhängig vom jeweiligen Veranstaltungskalender und in einem gewissen Rahmen vorhersehbar. Längere Zeitverluste aufgrund eines Rückstaus vor der Einfahrt von Einkaufszentren, Sportstätten oder Veranstaltungshallen sind daher der Suchzeit für den Abstellplatz zuzuordnen (und nicht den Zeitverlusten aufgrund nicht vorhersehbarer Störungen).
- TZ Zugangszeit vom Ausgangspunkt bis zur Einstiegsstelle.** Die Zugangszeit ist der Zeitbedarf für den Fussweg vom Ausgangspunkt der Reise (Wohnung, Arbeitsplatz, etc.) bis zur Einstiegsstelle (Abstellplatz PW, Velo oder Haltestelle öV). Sie ist in hohem Masse von der Entfernung und der individuellen Gehgeschwindigkeit abhängig. Dagegen ist sie weitgehend unabhängig vom Zeitpunkt der Reise.
- TA Abgangszeit von der Ausstiegsstelle bis zum Ziel.** Die Abgangszeit ist der Zeitbedarf für den Fussweg von der Ausstiegsstelle (Abstellplatz PW, Velo oder Haltestelle öV) bis zum Ziel der Reise (Wohnung, Arbeitsplatz, etc.). Wie die Zugangszeit ist sie von der Entfernung und der individuellen Gehgeschwindigkeit abhängig, dabei aber weitgehend unabhängig vom Zeitpunkt der Reise.

Ausgehend von der **Reisezeit im Normalfall** ist für die Verkehrsteilnehmenden vor allem die unter den jeweiligen Bedingungen **tatsächlich mögliche Reisezeit** von grossem Interesse. Die Differenz zwischen der Reisezeit im Normalfall und der effektiven Reisezeit zu einem Zeitpunkt $T(x)$ wird als **Zeitverlust** bezogen auf einen Streckenabschnitt, auf einen Knotenpunkt oder auf die gesamte Wegekette bezeichnet. Der Zeitverlust hat eine um diesen Betrag **verspätete Ankunft am Zielort** zur Folge. Im Gegensatz dazu steht der „Zeitgewinn“, welcher eine verfrühte Ankunft zur Folge hat.

Im Individualverkehr wird die Reisezeit im Normalfall mithilfe von historischen Daten aus Reisezeitmessungen oder aufgrund von Erfahrungswerten bestimmt. Der jeweils auftretende Zeitverlust kann bisher nur aufgrund von Erfahrungswerten (z.B. x km Stau entspricht y Stunden Zeitverlust) oder mithilfe von modellbasierten Verkehrsprognosen mit Rückstau- und Wartezeitschätzung ermittelt werden. Erst mit den neuen Technologien zur Verkehrserfassung wie z.B. Floating Cars oder die abschnittsbezogene Geschwindigkeitsüberwachung stehen mittlerweile auch andere Verfahren für eine entsprechende Erfassung der Reisezeit oder Verlustzeit zur Verfügung.

Für den öffentlichen Verkehr ergeben sich die Beförderungszeit und der Zeitbedarf für Umsteigevorgänge im Normalfall aus dem Fahrplan. **Verspätungen** und **Verfrühungen** werden durch die Betriebsleitsysteme der Verkehrsbetriebe ermittelt und durch die Haltestelleninformationssysteme an die Fahrgäste kommuniziert. In den städtischen Gebieten werden die konkreten Auswirkungen von Verspätungen wegen der hohen Fahrplandichte als gering eingeschätzt.

Bei **regionalen Buslinien** oder im ländlichen Raum steht die Information über Verspätungen oder Verfrühungen mittels Fahrgastinformation meist nicht zur Verfügung. Gleichwohl spielen Verspätungen hier eine wichtigere Rolle als in städtischen Gebieten, da nur mit wenigen Kursen der Anschluss an den Fernverkehr zu gewährleisten ist.

Im **schienengebundenen Fernverkehr** kann die **Verspätung/Verfrühung** relativ präzise bestimmt werden, da im Bahnverkehr eine vollständige Überwachung des Fahrweges, der Fahrzeugpositionen und der möglichen Zeitfenster gegeben ist. Die Verspätungen werden den Passagieren an den Bahnhöfen über dynamische Ankunfts-/Abfahrtsinformationstafeln oder über Lautsprecheransagen mitgeteilt.

2.3.7 Reisegeschwindigkeit

Die **Reisegeschwindigkeit** setzt die Reisezeit in Beziehung zur zurückgelegten Wegstrecke. Für die praktische Anwendung im Verkehrsmanagement (insbesondere für die Verkehrszustandsermittlung) ist die **abschnittsbezogene Reisegeschwindigkeit** ein guter Indikator für die aktuelle Verkehrslage und die Verkehrsqualität auf dem jeweiligen Abschnitt.

2.4 Verarbeitung der Verkehrsgrössen

Der Prozess für die Erfassung und Verarbeitung der Verkehrsgrössen beinhaltet folgende Schritte:

Schritt 1: Datenerfassung (Siehe Kapitel 3.1 – 3.3)

Schritt 2: Datenaufbereitung (Siehe Kapitel 3.4)

Schritt 3: Historisierung

Schritt 4: Qualitätssicherung

2.4.1 Datenerfassung

Bei den meisten der heute angewendeten Verfahren zur Erfassung der Verkehrsgrössen erfolgt die Datenerfassung (Schritt 1) dezentral am jeweiligen Erfassungsquerschnitt auf der Strasse. Bei Floating Car oder Floating Phone Systemen erfolgt die Datenerfassung an zentraler Stelle, wobei die Sensoren sich auf der Strasse befinden.

2.4.2 Datenaufbereitung

Plausibilisierung, Ersatzwertbildung, Glättung

Die Plausibilisierung, Ersatzwertbildung und Glättung kann sowohl dezentral im jeweiligen Erfassungsgerät oder zentral z.B. auf einem Verkehrsdatensammler erfolgen. Zu diesem Zweck gibt es eine Vielzahl von Verfahren, welche in diesem Rahmen nicht weiter beleuchtet werden.

Aggregation

Ein wesentlicher Punkt für die praktische Nutzung der Verkehrsgrößen ist die Aggregation nach Fahrzeugklassen und für das gewünschte Beobachtungsintervall. Die Aggregation kann sowohl im Erfassungsgerät selber oder zentral (z.B. auf einem sog. Datensammler) erfolgen.

Für die Anwendungsfälle im Verkehrsmanagement (Verkehrslagedarstellung, Verkehrsbeeinflussung, Verkehrssteuerung) ist in der Regel eine Unterscheidung in die zwei Klassen PW und LW ausreichend.

Das Aggregierungsintervall ist von der Art der Anwendung abhängig. Für Steuerungszwecke liegt es bei 30-60 Sekunden. Für eine Verkehrslagedarstellung beträgt es zwischen 1 bis 10 Minuten, für statistische Zwecke eine Stunde. (Siehe auch Kapitel 4.3.2)

Datenvervollständigung und Datenfusion

Viele Strassenbetreiber verfügen über mehrere Erfassungssysteme, die meist autonom nebeneinander laufen und für verschiedene Aufgabenbereiche im Einsatz sind. Vergleicht man die Resultate miteinander, so werden häufig Differenzen und Unstimmigkeiten festgestellt. Eine wichtige Aufgabe für die Zukunft besteht darin, die Verkehrsgrößen der einzelnen Erfassungssysteme so zusammenzuführen, dass im gesamten Zuständigkeitsbereich eine qualitativ hochwertige und konsistente Datenlage vorliegt.

Dabei ist zu unterscheiden zwischen der **Datenvervollständigung** für Bereiche (bzw. Strassen), in denen es keine Daten gibt, und der **Datenfusion** für Bereiche, in denen mehrere Datenquellen parallel zur Verfügung stehen. Die Grundidee hinter der Datenfusion ist, dass durch Zusammenführen der Resultate aus den verschiedenen Erfassungssystemen ein vollständiges und konsistentes Gesamtbild der jeweiligen Verkehrssituation entsteht. Dabei wird unterschieden in **Datenfusion ohne Verkehrsmodell** und **Datenfusion mit Verkehrsmodell**. Daneben gibt es auch die Möglichkeit, die Daten aus unterschiedlichen Quellen unverfälscht und nebeneinander (also ohne Zusammenführung) auf demselben Strassennetz darzustellen oder wahlweise die eine oder die andere Darstellung auszuwählen. In diesem Fall ist von einer **hybriden Verkehrslagedarstellung** die Rede.

In den letzten Jahren wurden verschiedene Ansätze zur Vervollständigung und Fusion von lokalen und streckenbezogenen Verkehrsgrößen diskutiert und im Rahmen von Pilotprojekten erprobt. (Siehe hierzu auch Kapitel 3.4)

2.4.3 Historisierung

Unter Historisierung wird der Prozess verstanden, die vorhandenen historischen Daten zu Tages-, Monats- oder Jahresganglinien zusammenzufassen und für planerische Zwecke oder für die Verkehrsprognose zu nutzen. Mit der Historisierung erfolgt die Bestimmung der statistischen Kenngrößen Mittelwert und Standardabweichung.

Eine Möglichkeit der Erstellung von Musterganglinien für die Verkehrsprognose ist in [35] beschrieben.

2.4.4 Qualitätssicherung

Bei der Qualitätssicherung der Verkehrserfassung geht es darum, das Qualitätsniveau der erfassten Daten zu bestimmen, Verbesserungsmöglichkeiten aufzuzeigen und Massnahmen zu ergreifen, die gewährleisten, dass das erforderliche Qualitätsniveau eingehalten werden kann. Damit die Messwerte der einzelnen Verkehrserfassungssysteme über längere Zeiträume hinweg vergleichbar sind, ist es wichtig, Ausfälle und Messfehler rasch zu erkennen und zu beseitigen.

3 Verkehrserfassungssysteme

3.1 Gliederung der Erfassungssysteme

Nachfolgend sind Erfassungssysteme aufgeführt, welche für die Erhebung von Verkehrsgrößen in Frage kommen. Sie sind nach **ortsfesten Sensoren** und **mobilen Sensoren** gegliedert. Eine Beschreibung der Eigenschaften der einzelnen Erfassungssysteme ist im Anhang II „Katalog der Verkehrserfassungssysteme“ enthalten.

3.1.1 Ortsfeste Sensoren

Die ortsfesten Sensoren dienen der lokalen Verkehrsbeobachtung an einem Messquerschnitt.

| <i>Tab. 1: Ortsfeste Sensoren</i> | | |
|--|---|--|
| Erfassungssystem | Messgrößen | Berechnete Größen |
| Induktionsschleifen (Doppelschleifen) | Zeitlücke nach Fahrzeugklassen (z.B. Swiss10) Lokale Geschwindigkeit nach Fahrzeugklassen (z.B. Swiss10) | Lokale Verkehrsdichte |
| Induktionsschleifen (Einfachschleifen) im Bereich von Lichtsignalanlagen | Verkehrsstärke (PW/LW) Belegungsgrad Zeitlücke | Berechnung der Geschwindigkeit möglich, wenn die „effektiv wirksame Länge“ der Schleife bekannt ist |
| Infrarotsensoren | Verkehrsstärke (PW/LW) Lokale Geschwindigkeit (PW/LW) | Lokale Verkehrsdichte |
| Laser | Verkehrsstärke (PW/LW) Lokale Geschwindigkeit (PW/LW) | Lokale Verkehrsdichte |
| Ultraschallsensor | Verkehrsstärke (PW/LW) Lokale Geschwindigkeit (PW/LW) | Lokale Verkehrsdichte |
| Radar- und Mikrowellensensoren | Verkehrsstärke (Klassifizierung anhand Fahrzeuglänge) Lokale Geschwindigkeit | Lokale Verkehrsdichte |
| Videokameras mit virtuellem Messquerschnitt | Verkehrsstärke Lokale Geschwindigkeit | Lokale Verkehrsdichte |
| Schranken an Parkplätzen/Parkhäuser | Anzahl Ein- und Ausfahrten | Anzahl freie/belegte Stellplätze Belegungsgrad |
| Belegungssensoren an Parkplätzen und in Parkhäusern | Belegung eines einzelnen Parkplatzes | Anzahl freie/belegte Parkplätze Belegungsgrad (nur wenn alle PP mit Belegungssensoren ausgerüstet sind) |
| Verkehrszählung von Hand | Verkehrsstärke nach Fahrzeugklassen | i.d.R. Nachfrage in der Spitzenstunde |
| Automatische Fahrgastzählung im öffentlichen Verkehr | Anzahl Ein- / Aussteiger je Kurs | Überprüfung von Nachfrage und Auslastung Anzahl Fahrgäste je Kurs oder Linie |

Durch einen Vergleich von zwei aufeinander folgenden Messquerschnitten mit ortsfesten Sensoren sind Rückschlüsse auf den Verkehrszustand oder Störungen zwischen den beiden Beobachtungsorten möglich. Hierfür eignen sich folgende Systeme:

| <i>Tab. 2: Systeme zur Reisezeitermittlung auf der Basis von ortsfesten Sensoren</i> | | |
|---|--|---|
| Erfassungssystem | Messgrößen | Berechnete Größen |
| Automatische Nummernschild-Wiedererkennung Automatic Number Plate Recognition (ANPR) | Anzahl wiedererkannte Fahrzeuge Reisezeit für Einzelfahrzeug zwischen Messquerschnitt A und B | Verkehrsstärke Reisezeit/Reisegeschwindigkeit für das Fahrzeugkollektiv |
| Wiedererkennung von Bluetooth-ID's | Anzahl der wiedererkannten Fahrzeuge und Reisezeit für Einzelfahrzeug zwischen Messquerschnitt A und B | Reisezeit/Reisegeschwindigkeit für Einzelfahrzeug oder Fahrzeugkollektiv |
| Musterwiedererkennung (Wiedererkennung der Verstimmungskurven von Induktionsschleifen, z.B. MAVE) | Anzahl wiedererkannter Fahrzeuggruppen (bzw. Gruppenmuster) Reisezeit für Fahrzeugkollektiv | Mittlere Reisezeit oder Reisegeschwindigkeit für ein Fahrzeugkollektiv |
| Ereignisdetektion durch Analyse der Verkehrsstärke und der lokalen Geschwindigkeit an einem Messquerschnitt | Lokale Geschwindigkeit im Messquerschnitt Verkehrsstärke im Messquerschnitt | Aufgrund der Volumen- oder Geschwindigkeitsdifferenz zwischen zwei Messintervallen kann eine Störung erkannt werden |

3.1.2 Mobile Sensoren

Unter dem Begriff „Mobile Sensoren“ sind die „Floating Cars“ oder „Floating Phones“, die Verkehrserfassung durch Flottenmanagementsysteme und durch Fahrzeuge des öffentlichen Verkehrs zusammengefasst. Die Verkehrserfassung mittels Befliegung oder Satelliten wird ebenfalls dieser Gruppe zugeordnet.

| <i>Tab. 3: Mobile Erfassungssysteme</i> | | |
|---|--|--|
| Erfassungssystem | Messgrößen | Berechnete Größen |
| Rechnergestützte Betriebsleitsysteme öV (RBL) | Ort (Fahrzeugposition) und Zeitpunkt der Positionsbestimmung Fahrzeugstatus z.T. auch automatische Fahrgastzählungen | Wegstrecke Reisezeit Reisegeschwindigkeit Fahrplanabweichung Auslastungsgrad der Fahrzeuge |
| Betriebsleitsysteme Bahnverkehr (Schienegebundener Fernverkehr) | Ort (Fahrzeugposition) und Zeitpunkt der Positionsbestimmung Fahrzeugstatus | Wegstrecke Reisezeit Reisegeschwindigkeit Fahrplanabweichung |
| LSVA On Board Unit (TRIPON OBU) | Ort (Fahrzeugposition) Zeit Ort (Fahrzeugposition) und Zeitpunkt der Positionsbestimmung Fahrzeugstatus | Wegstrecke Reisezeit Reisegeschwindigkeit Ggf. weitere Informationen |
| Floating Car Data FCD (GPS-gestützt) | Ort (Fahrzeugposition) und Zeitpunkt der Positionsbestimmung | Wegstrecke Reisezeit Reisegeschwindigkeit |
| Extended Floating Car Data (XFCD, herstellerabhängig) | Ort (Fahrzeugposition) und Zeitpunkt der Positionsbestimmung Umfelddaten Fahrzeugdaten | Wegstrecke Reisezeit Reisegeschwindigkeit Ggf. weitere fahrzeugspezifische Kenngrößen |
| Taxi-FCD (Flottenmanagementsysteme) | Ort (Fahrzeugposition) und Zeitpunkt der Positionsbestimmung Fahrzeugstatus | Wegstrecke Reisezeit Reisegeschwindigkeit |
| Floating Phone Data (Mobiltelefone) | Ort (Telefonposition) und Zeitpunkt der Positionsbestimmung | Wegstrecke Reisezeit Reisegeschwindigkeit |
| Luftbilder aus Befliegung | Fahrzeugabstände Δs durch digitale Bildauswertung | Verkehrsdichte $k = 1/\Delta s$ Geschwindigkeit nur bei Bildserien |
| Flugzeuggetragene Radarsysteme F-SAR | Fahrzeugabstände Δs durch digitale Bildauswertung | Verkehrsdichte $k = 1/\Delta s$ Geschwindigkeit nur bei Bildserien |
| Satellitengetragene Radarsysteme SAR | Fahrzeugabstände Δs durch digitale Bildauswertung | Verkehrsdichte $k = 1/\Delta s$ Geschwindigkeit nur bei Bildserien |

3.2 Verkehrserfassungssysteme für den Individualverkehr

3.2.1 Hochleistungsstrassen

In der Schweiz betreibt das ASTRA auf den Nationalstrassen ein Zählstellennetz mit ungefähr 300 Dauerzählstellen. Die Daten dieser Zählstellen werden täglich abgeholt, validiert und monatlich und jährlich im Rahmen der Automatischen Verkehrszählung AVZ veröffentlicht (<http://www.portal-stat.admin.ch/avz/index.html>). Obwohl diese Messstellen Verkehrsmenge und Geschwindigkeit erfassen, wird im Rahmen der AVZ bisher nur die Verkehrsmenge veröffentlicht. Bei den meisten Zählstellen kommt die Fahrzeugklassifizierung nach SWISS10 zum Einsatz. Die Anforderungen an die Genauigkeit dieser Zählstellen sind sehr hoch, da die Resultate für statistische Zwecke verwendet werden. Anforderungen an diese Messstellen sind in der ASTRA-Richtlinie Verkehrszähler [19] festgelegt.

Ungefähr 200 dieser ASTRA-Zählstellen sind mit einem zweiten Ausgang ausgerüstet, der via ADSL oder GPRS die Daten in Echtzeit an einen Verkehrsdatensammler weiterleitet. Der Verkehrsdatensammler aggregiert diese Daten und stellt der Verkehrsmanagementzentrale VMZ-CH im 3-Minuten-Zyklus Verkehrsstärke und lokale Geschwindigkeit zur Verfügung. Bei der Klassifizierung der Fahrzeuge werden bei den Onlinedaten nur die Kategorien Personenwagen PW und Lastwagen LW unterschieden.

Bei der Verkehrserfassung für Verkehrsbeeinflussungsanlagen oder für die Anschlussbewirtschaftung kommen überwiegend Induktions-Doppelschleifen zum Einsatz. Die Messzyklen betragen je nach System 30 oder 60 Sekunden. Die erhobenen Daten werden vor Ort verarbeitet und als lokale Verkehrszustandserfassung für die verkehrsabhängige Schaltung der Betriebszustände genutzt. Eine zentrale Zusammenführung und Auswertung der Messquerschnitte im Zuge von Verkehrsbeeinflussungsanlagen findet bisher nicht statt.

3.2.2 Hauptverkehrsstrassen

Auf den Hauptverkehrsstrassen verfügen die Kantone über eigene Zählstellennetze, welche in erster Linie für die kantonale Verkehrsstatistik oder für die Verkehrssteuerung eingesetzt werden. Es kommen auch hier überwiegend Induktionsschleifen als Sensoren zum Einsatz.

Auf städtischen Strassen werden neben Induktionsschleifen auch Infrarotsensoren, Ultraschallsensoren oder Videokameras mit digitaler Bildauswertung verwendet. Teilweise werden die Daten für statistische Zwecke genutzt (Zählstellen auf freier Strecke), überwiegend aber für die verkehrsabhängige Lichtsignalsteuerung an den Knotenpunkten.

3.2.3 Langsamverkehr

Der Langsamverkehr als Teil des Individualverkehrs wird heute fast ausschliesslich für planerische und statistische Zwecke erhoben. Einzig im Rahmen der verkehrsabhängigen Lichtsignalsteuerung findet eine Erfassung von Velos in den Knotenpunktzufahrten statt. Diese Erfassung dient aber nur zu Steuerungszwecken (Anforderung und Verlängerung der Phase), die Daten (Belegung der Schleife) werden meist nicht weiterverwendet.

3.2.4 Ruhender Verkehr

Die Erfassung des ruhenden Verkehrs ist in erster Linie eine Aufgabenstellung im Rahmen der Parkraumbewirtschaftung innerhalb städtischer Gebiete. Die Parkhäuser und grösseren Parkplätze verfügen meist über entsprechende Erfassungseinrichtungen in der Schrankenanlage oder Induktionsschleifen in den Ein- und Ausfahrten. Die Daten werden meist an zentraler Stelle (Parkleitrechner) zusammengeführt und auf den Anzeigetafeln der Parkleitsysteme als „Freie Plätze“ dargestellt.

3.3 Verkehrserfassungssysteme im öffentlichen Verkehr

3.3.1 Strassenbahnen und Linienbusse

Heute ist in den meisten Städten der öffentliche Verkehr an den Lichtsignalanlagen steuerungstechnisch bevorzugt. Zu diesem Zweck sind verschiedene Systeme zur Fahrzeug- erfassung im Einsatz, die zum einen eine lokale Anmeldung der Fahrzeuge an die LSA ermöglichen, zum anderen die aktuelle Fahrzeugposition und den Fahrzeugstatus an das rechnergestützte Betriebsleitsystem (RBL) in der Betriebsleitzentrale melden.

Bei Bussen kommen hierfür folgende Erfassungssysteme in Frage:

- Funkbaken oder Infrarotbaken mit Telegrammübertragung (häufig)
- Induktionsschlaufen im Fahrweg mit Telegrammübertragung (z.B. Stadt Zürich)
- Logische Ortung über fahrzeugautonomes Wegeband mit GPS-Unterstützung (eher selten)

Bei Strassenbahnen sind folgende Erfassungssysteme zur Ortung und Anmeldung ge- bräuchlich:

- Funkbaken oder Infrarotbaken mit Telegrammübertragung
- Induktionsschlaufen im Fahrweg mit Telegrammübertragung
- Induktionsplatten zwischen den Gleisen, teilweise mit Telegrammübertragung
- Fahrdrahtkontakte
- Magnetschienenkontakte
- Weichenstellungskontakte

Die Kommunikation vom Fahrzeug zum LSA-Steuerrechner oder zwischen Fahrzeug und Betriebsleitsystem verläuft über Datentelegramme, welche bisher meist herstellerabhän- gig definiert sind und daher unter einander nicht immer kompatibel sind. Im Auftrag des Verbands Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV) wurden ein Datenmodell und eine Standardschnittstelle für öV-Telegramme entwickelt, die unabhängig vom Hersteller und eingesetzter Software eine durchgängige Datenübertragung und systemweite Transpa- renz ermöglichen soll. Diese Schnittstelle wird auch von Schweizer Herstellern mitentwi- ckelt und eingesetzt [28].

Folgende Einsatzbereiche werden durch die einheitliche öV-Datenschnittstelle abge- deckt:

- Betriebsüberwachung und Steuerung
- Statistik
- Fahrgastzählung
- Dienstplanung, Fahrzeug- und Personaldisposition
- Dynamische Fahrgastinformation
- Fahrplanauskunft

Für die Aufgabenstellung im Verkehrsmanagement sind vor allem die Informationen aus dem Dynamischen Fahrgastinformationssystem (Fahrplanabweichungen und Informatio- nen über Störungen, Betriebsüberwachung, Fahrgastzählung) und die Fahrplanauskunft von Interesse.

3.3.2 Eisenbahnen

Im schienengebundenen Fernverkehr kommen verschiedene Verfahren zur Fahrzeugerkennung und -überwachung zum Einsatz:

- Fahren im Blockabstand mit punktueller Erfassung und Datenübertragung. Dieses Verfahren ist bei den SBB heute der Regelfall.
- Linienzugbeeinflussungssystem mit laufender Datenübertragung (Regionalverkehr Bern-Solothurn, Deutsche Bahn).
- Fahren auf Zeitabstand: Das zukünftige europaweite European Train Control System (ETCS) befindet sich noch in der Erprobungsphase und ist in der Schweiz auf der Strecke Olten – Bern im Einsatz.

Wie beim öffentlichen Verkehr in den Städten sind für das verkehrsträgerübergreifende Verkehrsmanagement neben den Fahrplandaten (Soll-Zustand) vor allem die aktuellen Abweichungen vom Fahrplan (Ist-Zustand) und die Informationen über Störungen oder Unterbrüchen von Bedeutung.

3.4 Zusammenführung und Darstellung von Verkehrsdaten aus verschiedenen Quellen

3.4.1 Beispiele aus der Schweiz

Trans3, Region Basel, Dreiländereck (2001-2002)

Multimodales Informationsportal für das Dreiländereck CH-D-F mit Informationen für den öffentlichen und individuellen Verkehr sowie einem Routenplaner zur intermodalen Verkehrsmittelwahl [36].

Zürittraffic, Stadt Zürich, DAV

Die Stadt Zürich (DAV) nutzt verschiedene Arten von Schleifen (LSA-Schleifen und Querschnittszähler) und erzeugt mithilfe von Polydrom eine Gesamtverkehrslage für das städtische Strassennetz, auf deren Basis u.a. die Netzsteuerung der LSA erfolgt (www.zuerittraffic.ch).

Die Belegungsdaten aus dem Parkleitsystem sind unabhängig davon in einem anderen System dargestellt. <http://www.parkleitsystem.ch>

Infomobilité, Kanton Genf

Der Kanton Genf bietet unter <http://etat.geneve.ch/infomobilite> umfassende Informationen zur aktuellen Verkehrssituation an. Auf einer Karte werden verschiedene Datenquellen nebeneinander dargestellt. Dies sind die Verkehrslage (Level of Service) im Strassenverkehr, Parkraumbelugung (ruhender Verkehr), Informationen zu Baustellen sowie punktuell die Bilder von Videokameras.

3.4.2 Beispiele aus Deutschland

Im Rahmen der **Forschungsinitiative VM2010** (www.vm2010.de) war die **Datenfusion** ein zentrales Aufgabenfeld. Nachfolgend eine kurze Aufzählung der Teilprojekte, welche im Zeitraum 2005 – 2008 diese Aufgabenstellung mit teilweise unterschiedlichen Ansätzen angegangen sind.

Dmotion (Region Düsseldorf)

Im Rahmen von DMOTION wurden folgende Datenquellen verwendet:

- 450 Schleifen an LSA mit Rückstauschätzung (q, Rückstaulänge)
- 30 Querschnitte mit Video oder Infrarotsensoren (q,v)
- 481 Messquerschnitte auf den umliegenden Autobahnen (q,v)
- Taxi FCD aus 1300 Fahrzeugen (mittlere Geschwindigkeit)
- X-FCD (BMW) Reisezeit und LOS
- OBN-FCD (PTV) Reisezeit und LOS

- Anmeldetelegramme der Strassenbahnen und Busse

Die Daten wurden zentral gehalten und durch eine modellbasierte Datenfusion und Datenvervollständigung mit DINO zusammengeführt (Das Modell DINO wurde bereits im Rahmen von MOBINET 2002-2005 entwickelt). Die Ergebnisse sind: Reisezeit, Reisegeschwindigkeit, LOS bezogen auf ca. 7000 richtungsgetrennte Abschnitte auf Bundesautobahnen und wichtigen Bundes- und Landesstrassen auch im städtischen Bereich. Die Kalibrierung des Systems erfolgt durch Messfahrten mit GPS-Empfänger und Messstrecken mit ANPR (automatische Kennzeichenerkennung).

Orinoko (Nürnberg)

Das Projekt ORINIKO verwendet folgende Datenquellen:

- Videodetektion mit Bildauswertung (Fraunhofer)
- Induktionsschleifen (VLS Messe)
- Taxi-FCD von 500 Taxis
- öV-FCD: Zeit zwischen Haltestellen aus RBL

Die Datenfusion wird ohne Verkehrsmodell durchgeführt. Die Anwendungsbereiche sind: Verkehrslage und Prognose, Verkehrsinformationen, dynamische Signalprogrammierung, Qualitätssicherung.

Mosaïque (Region Halle/Leipzig)

Das Projekt MOSAIQUE verwendet Schleifen der LSA und FCD aus dem Wirtschaftsverkehr als Datenquellen. Die verschiedenen Daten für Stadt und Autobahn werden miteinander verknüpft. Die Daten werden nicht miteinander fusioniert (dezentrale Datenhaltung). Das Ergebnis ist eine sogenannte hybride Verkehrslage.

iQ mobility (Region Berlin/Brandenburg)

Die Datenquellen im Projekt IQ mobility sind:

- Schleifen an LSA (modellbasierte Plausibilitätsprüfung am Knoten)
- Taxi-FCD
- BUS-FCD Position öV aus RBL alle 2 Minuten

Die Daten werden mittels einer modellbasierten Datenfusion mit Visum-online und MONET zusammengeführt. Im Ergebnis „gewinnt“ die Quelle mit der höheren Zuverlässigkeit.

Darüber hinaus gab es im Rahmen von VM2010 noch weitere Projekte, die sich mit den Möglichkeiten moderner Verkehrsdatenerfassung befassen:

do-iT (Region Stuttgart/Karlsruhe): Anwendung von Floating Phone Data zur Vervollständigung von Quell-Ziel-Matrizen und zur Routenverfolgung. Eine Verkehrslage für die Autobahnen im Untersuchungsperimeter ist vorhanden.

Traffic Online (Grossraum Berlin): Anwendung von Floating Phone Data mit dem Ziel einer flächendeckenden Verkehrslagedarstellung.

3.5 Standards und Richtlinien

Folgende Normen und Richtlinien werden heute für die Erfassung und Verarbeitung von Verkehrsdaten und insbesondere der Verkehrsgrößen verwendet:

| <i>Tab. 4: Standards für Verkehrsdaten im Verkehrsmanagement</i> | | |
|---|---|---|
| Quelle | Bezeichnung | Beschreibung |
| Schweizer Normen | Diverse Schweizer Normen | Siehe [1] – [18] |
| Bundesamt für Strassen | ASTRA Richtlinie Verkehrszähler | Vorgaben für Verkehrszähler auf den Nationalstrassen, siehe [19] |
| Bundesamt für Strassen | ASTRA Technisches Merkblatt Verkehrszähler mit Induktionsschleifen Typ Marksman | Vorgaben zur Installation der Verkehrszähler des Typs Marksman |
| Bundesamt für Strassen | ASTRA SA-CH (in Erarbeitung) | Systemarchitektur für Sensorik und Aktorik auf den Nationalstrassen |
| Bundesanstalt für Strassenwesen BAST (D) | Bundeseinheitliches VRZ-Basissystem | Beschreibt die Systemarchitektur, Datenmodell für die Verkehrsrechnerzentralen (VRZ) des Bundes |
| Bundesanstalt für Strassenwesen BAST (D) | MARZ Merkblatt für die Ausstattung von Verkehrsrechnerzentralen und Unterzentralen [26] | Vorgaben für die technische Ausstattung von VRZ. Enthält Vorgaben für die Verkehrsdatenerfassung und Verkehrszustandserfassung im Rahmen von Verkehrsbeeinflussungsanlagen auf Bundesautobahnen |
| Bundesanstalt für Strassenwesen BAST (D) | TLS Technische Lieferbedingungen für Streckenstationen [25] | Legt neben den Kommunikationsprotokollen auch Qualitätsanforderungen für die Verkehrserfassung auf Autobahnen fest |
| Bundesanstalt für Strassenwesen BAST und Privatwirtschaft (D, CH) | OCIT Open Communication Interface for Road Traffic Control Systems | Schnittstelle für Lichtsignalanlagen (OCIT Outstations) und für Verkehrsmanagementapplikationen (OCIT Instations) |
| Vereinigung Deutscher Verkehrsunternehmen VDV | VDV Datenmodell und ÖPNV-Schnittstelle Liniennetz/Fahrplan | Datenmodell und Schnittstelle für die Kommunikation zwischen Fahrzeug und Betriebsleitstelle |
| Association française de normalisation AFNOR | Dialogue standard pour les équipements de régulation DIASER | Datenmodell und Schnittstelle für Anlagen der Strassenverkehrstechnik (Zählstellen, LSA, WTA, PLS, etc) |
| Traveller Information Services Association TISA | ALERT-C | Meldungskatalog für Ereignisse und Gefahren |
| Traveller Information Services Association TISA | TMC Location Code | Ortsbezugssystem für Verkehrsinformationen |
| Traveller Information Services Association TISA | DATEX2 | Datenmodell und Schnittstelle für Verkehrsmanagementaufgaben |
| Traveller Information Services Association TISA | TPEG | Datenmodell und Schnittstelle für Verkehrsinformationen |

In der Verkehrstechnik gibt es darüber hinaus eine Vielzahl von herstellerspezifischen und proprietären Formaten und Schnittstellen, die hier nicht aufgeführt werden. Da die Eigentümer und Betreiber der Verkehrsanlagen meist über eine herstellergemischte Infrastruktur verfügen, ist es wichtig, dass möglichst herstellerunabhängige offene Schnittstellen verwendet werden. Dadurch ist zum einen die Interoperabilität der einzelnen Komponenten gewährleistet und zum anderen ist dadurch ein echter Wettbewerb der einzelnen Hersteller zum Nutzen der Kunden erst möglich.

4 Anforderungen an Verkehrsdaten

4.1 Übersicht

Im Folgenden werden die Anforderungen an die Eigenschaften der Verkehrsgrößen aus Sicht des Verkehrsmanagements und ausgerichtet auf die Schweizer Verhältnisse beschrieben. Dabei wird auf folgende Eigenschaften näher eingegangen:

- Inhalte
- Zeitbezug
- Raumbezug
- Datenqualität

Siehe hierzu auch die Abbildungen im Anhang I.6 Eigenschaften der Verkehrsdaten.

4.2 Inhalte aufgrund Verwendungszweck

4.2.1 Aufgaben im Verkehrsmanagement

Der aktuelle Entwurf der SN 671 951 „Strassenverkehrstelematik, Funktionale Systemarchitektur“ definiert Funktionsblöcke für die Verkehrstelematik. Von den definierten Funktionsblöcken werden im Rahmen dieses Forschungsberichts jedoch nicht alle weiter behandelt, da sie entweder nicht zum Aufgabenbereich des Verkehrsmanagements gehören oder keine Onlinedaten im Sinne dieses Forschungsvorhabens benötigen. Es wird das Datenbedürfnis für folgende Funktionsblöcke behandelt.

- Verkehrszustandsermittlung
- Kurzfristprognose
- Verkehrsbeeinflussung durch Lenken, Leiten und Steuern
- Verkehrsinformation

4.2.2 Verkehrszustandsermittlung

Die Verkehrszustandsermittlung hat das Ziel, den vorherrschenden Verkehrszustand zu erfassen und so abzubilden, dass darauf aufbauend eine zweckmässige Verkehrsbeeinflussung möglich ist. Je nach Aufgabenbereich, Verkehrssystem und Art der Verkehrsanlage sind verschiedene Definitionen der Verkehrsqualität möglich. Aus der Aufgabenstellung dieses Forschungsvorhabens ergibt sich die Forderung nach einer Vergleichbarkeit zwischen verschiedenen Verkehrsarten und Netzhierarchien.

Bei der Verkehrszustandsermittlung kann grundsätzlich zwischen einer Verkehrszustandsermittlung mit oder ohne Verkehrsmodell unterschieden werden.

Bei der **Verkehrszustandsermittlung mit Verkehrsmodell** handelt es sich meist um eine **dynamische Umlegungsanpassung** mit einem bestehenden makroskopischen Verkehrsmodell, welches Onlinedaten verarbeiten kann (z.B. VISUM-Online, Polydrom, etc.). Das Verkehrsmodell wird eingesetzt, um für Abschnitte, in denen keine gemessenen Echtzeitdaten vorliegen, einen Verkehrszustand zu berechnen. Dadurch soll eine flächendeckende netzweite Verkehrslagedarstellung ermöglicht werden. Der Einsatz eines Verkehrsmodells setzt ein aktuelles und korrekt attribuiertes topologisches Netzmodell sowie Quell-/Zielmatrizen in hoher zeitlicher Auflösung (stundenfein für jeden Wochentag) voraus.

Je nach Verkehrsmodell können für die dynamische Umlegungsanpassung unterschiedliche Datenquellen herangezogen werden. Dies sind zum einen die Verkehrsgrößen aus stationären Messstellen (**Verkehrsstärke, lokale Geschwindigkeit, lokale Verkehrsdichte**), aber auch **abschnittsbezogene Reisegeschwindigkeiten oder Reisezeiten** aus der Verkehrserfassung mit Floating Cars und videogestützten Messstrecken. Im Kapitel 3.4 wurden bekannte Projekte, die sich mit der Zusammenführung von Daten aus verschiedenen Quellen mit Hilfe eines Verkehrsmodells befasst haben, bereits erwähnt.

In städtischen Bereichen kann - unter der Voraussetzung, dass die an Lichtsignalanlagen aktuell geschalteten Grünzeiten bekannt sind - eine **Rückstauschätzung und Wartezeitberechnung** erfolgen. Diese beiden Größen beeinflussen vor allem in den städtischen Bereichen die effektive Reisezeit weit mehr als die gefahrenen Geschwindigkeiten zwischen den Knotenpunkten.

Eine **Verkehrszustandsermittlung ohne Verkehrsmodell** ist möglich, wenn der Perimeter, für welchen der Verkehrszustand ermittelt wird, über eine ausreichend dichte Abdeckung mit aktuellen Verkehrsgrößen verfügt. Dies ist meist der Fall bei der Verkehrszustandsermittlung im Rahmen von Verkehrsbeeinflussungsanlagen, bei Verkehrssteuerungsanlagen oder auf Messstrecken mit einer abschnittsbezogenen Geschwindigkeitsüberwachung mit Hilfe von ANPR (auch „section control“ genannt).

Bei der Verkehrszustandsermittlung ohne Verkehrsmodell können prinzipiell die gleichen Eingangsdaten verwendet werden, wie bei der oben beschriebenen Verkehrszustandsermittlung mit Verkehrsmodell. Jedoch werden bei den bisher bekannten Ansätzen ohne Verkehrsmodell die verschiedenen Verkehrszustände nicht mit einander zu einem Wert fusioniert, sondern nebeneinander auf derselben Karte dargestellt.

4.2.3 Verkehrsprognose

Bei der Verkehrsprognose für das Verkehrsmanagement handelt es sich in der Regel um **Kurzfristprognosen**, bei denen die aktuelle Verkehrslage für die nahe Zukunft fortgeschrieben wird. Sinnvolle Prognosehorizonte sind: 30 Minuten, 1 Stunde, 2 Stunden. Längere Prognosezeiträume sind im operativen Verkehrsmanagement nicht sinnvoll, da das Verkehrsgeschehen in hohem Masse durch nicht vorhersehbare, spontane Ereignisse (z.B. Unfälle) beeinflusst wird. Bei einem längeren Prognosehorizont steigt die Wahrscheinlichkeit, dass ein nicht vorhersehbarer Störfall eintritt, welcher zu einer völlig anderen als der prognostizierten Verkehrslage führt.

Die Eingangsdaten für eine Online-Verkehrsprognose sind grundsätzlich die gleichen wie bei einer Online-Verkehrszustandsermittlung. Zusätzlich macht sich das Prognoseverfahren die „historischen Erfahrungen“ zunutze, welche in Form von Musterganglinien abgelegt sind. Weitere Angaben zu diesem Thema finden sich unter [35]. Die erforderlichen Verkehrsgrößen für die Verkehrszustandsermittlung und Verkehrsprognose sind in Tab. 5 dargestellt.

| <i>Tab. 5: Verkehrsgrößen für Verkehrszustandsermittlung und Verkehrsprognose</i> | | |
|---|---|--|
| Verkehrsmittel | Gewünschtes Resultat | Erforderliche Eingangsgrößen |
| Motorisierter Individualverkehr | Übersicht Verkehrszustand für Strassenabschnitte | Verkehrsstärke im Querschnitt für PW/LW Abschnittsbezogene Reisezeit oder Reise-geschwindigkeit Verkehrsdichte, lokale Geschwindigkeit |
| | Verkehrszustand für Zufahrten von Knotenpunkten | Verkehrsstärke je Fahrstreifen für PW/LW Mittlere Wartezeit je Fahrstreifen Staulänge je Fahrstreifen |
| | Stau- und Ereignisdetektion auf Strassenabschnitten | Abschnittsbezogene Reisezeit oder Reise-geschwindigkeit |
| Langsamverkehr | Keine Verkehrszustandsermittlung für den Langsamverkehr | |
| Öffentlicher Verkehr | Entscheidungsgrundlage für Verkehrsmittelwahl | Fahrplanabweichung Haltestelle / Bahnhof Anzahl Ein-/Aussteiger an Haltestelle / Bahnhof Abschnittsbezogene Reisezeit zwischen Haltestellen / Bahnhöfen Auslastung / Sitzplatzverfügbarkeit in den Fahrzeugen zwischen Haltestellen / Bahnhöfen |
| Ruhender Verkehr | Auslastung Parkplätze / Parkhäuser | Verkehrsstärke Zu-/Abfluss Anzahl Freie Plätze Auslastungsgrad Parkplatz oder Parkhaus |

4.2.4 Verkehrsbeeinflussung

Die Resultate aus Verkehrszustandserfassung und Verkehrsprognose ermöglichen den zielgerichteten Einsatz von Massnahmen zur Verkehrsbeeinflussung. Dies beinhaltet Massnahmen zum Lenken, Leiten und Steuern (ohne manuelle Signalisation und Massnahmen zur Erstintervention):

Verkehrslenkung

Beispiele für Verkehrslenkung sind: Dynamische Signalisation von Umleitungen und Alternativrouten und die Empfehlungen zur Routen- und Verkehrsmittelwahl. Dafür werden folgende Daten benötigt (Tab. 6):

| <i>Tab. 6: Verkehrsgrößen für Verkehrslenkung</i> | | |
|---|--|---|
| Verkehrsmittel | Gewünschtes Resultat | Erforderliche Eingangsgrößen |
| Motorisierter Individualverkehr | Lenkungspotenzial und Reisezeitvergleich als Entscheidungsgrundlage für Alternativrouten | Verkehrsstärke im Querschnitt für PW/LW Abschnittsbezogene Reisezeit zwischen den Entscheidungspunkten Verkehrsbedürfnis bzw. Verkehrsaufkommen (Quell-/Zielmatrizen), Spinnenanalyse |
| Langsamverkehr | Verkehrslenkung für den Langsamverkehr erfolgt i.d.R durch statische Beschilderung und nicht verkehrsabhängig. | |
| Öffentlicher Verkehr | öV-Routen sind nicht verkehrsabhängig. Umleitungen für Tram und Bus, bzw. Ersatzverkehre, gibt es nur im Fall von längeren Sperrungen. | |
| Ruhender Verkehr | Optimale Verteilung/Lenkung des Parksuchverkehrs durch Anzeige der freien Parkplätze | Anzahl Freie Plätze Auslastungsgrad |

Verkehrsleitung

Beispiele für die Verkehrsleitung sind:

- Geschwindigkeitsharmonisierung, Stau-/Gefahrenwarnung oder LKW-Überholverbot mittels Verkehrsbeeinflussungsanlagen
- Temporäre Sperrung und Freigabe von Fahrstreifen mit Fahrstreifenlichtsignalen
- Temporäre Umnutzung von Pannestreifen zu Fahrstreifen mittels Wechselverkehrszeichen (und/oder) Fahrstreifenlichtsignalen
- Zusatz- / Ersatzkurse

Es werden folgende Daten benötigt (Tab. 7):

| <i>Tab. 7: Verkehrsgrößen für Verkehrsleitung</i> | | |
|---|---|--|
| Verkehrsmittel | Gewünschtes Resultat | Erforderliche Eingangsgrößen |
| Motorisierter Individualverkehr | Lokaler Verkehrszustand im Erfassungsbereich von Verkehrsbeeinflussungsanlagen Ereignisdetektion im Bereich von Verkehrsbeeinflussungsanlagen oder Tunnelsteuerungsanlagen | Verkehrsstärke je Fahrstreifen für PW/LW Lokale Geschwindigkeit je Fahrstreifen für PW/LW Ereignisdetektion z.B. durch Geschwindigkeits- und Volumenkontrolle benachbarter Zählstellen |
| Langsamverkehr | Kein Leiten | |
| Öffentlicher Verkehr | Verkehrsleitung nur durch Betriebsleitzentrale | |
| Ruhender Verkehr | Kein Leiten | |

Verkehrssteuerung

Beispiele für Verkehrssteuerung sind die Steuerung an Knotenpunkten mit Lichtsignalanlagen und die Zufluss- und Abflusssteuerung an Autobahnanschlüssen. Hierfür werden folgende Daten benötigt (Tab. 8):

| <i>Tab. 8: Verkehrsgrößen für Verkehrssteuerung</i> | | |
|---|--|--|
| Verkehrsmittel | Gewünschtes Resultat | Erforderliche Eingangsgrößen |
| Motorisierter Individualverkehr | Verkehrsabhängige Lichtsignalsteuerung (online) | Verkehrsstärke je Fahrstreifen Zeitlücke, Belegungsdauer, Rückstaulänge Mittlere Wartezeit |
| Langsamverkehr | Planungsgrundlage für verkehrsabhängige Lichtsignalsteuerung (offline) | Verkehrsstärke Fussgänger Mittlere Wartezeit (Qualitätskriterium) Verkehrsstärke Velos |
| Öffentlicher Verkehr | Anmeldung / Abmeldung öV Fahrzeuge für Priorisierung an LSA | öV-Telegramme |
| Ruhender Verkehr | Eingangsdaten für verkehrsabhängige Zufluss-/Abflussregelung an Parkierungsanlagen | Verkehrsstärke im Zu-/Abfluss von Parkhäusern und Parkplätzen |

4.2.5 Verkehrsinformation

Für die Verkehrsinformation werden folgende Verkehrsdaten verwendet (Tab. 9):

| <i>Tab. 9: Verkehrsgrössen für Verkehrsinformation</i> | | |
|--|---|---|
| Verkehrsmittel | Gewünschtes Resultat | Erforderliche Eingangsgrössen |
| Motorisierter Individualverkehr | Information über Ereignisse und Gefahrenwarnung (on-trip) | Verkehrsmeldung (Sachlage, Ursache, Empfehlungen, etc.) Abschnittsbezogener Zeitverlust [h, min] Staulänge [km] Wartezeit an Knotenpunkten oder Abfertigungsanlagen [h, min] |
| | Kollektive Empfehlungen zur Routenwahl (on-trip) | Abschnittsbezogener Zeitverlust zwischen Entscheidungspunkten [h, min] Wartezeit an Knotenpunkten oder Abfertigungsanlagen [h, min] |
| | Siehe auch Lenken | |
| Langsamverkehr | In der Regel keine Verkehrsinformation für den Langsamverkehr | |
| Öffentlicher Verkehr | Kollektive Information über Fahrplanabweichungen und Ereignisse (pre-trip, on-trip) | Fahrplanabweichung [min] an der Haltestelle/am Bahnhof Auslastung / Sitzplatzverfügbarkeit der Fahrzeuge [%] |
| | Linienbezogene Empfehlungen zur Verkehrsmittelwahl (pre-trip) | Auslastung / Sitzplatzverfügbarkeit der Fahrzeuge [%] |
| Ruhender Verkehr | Optimale Nutzung des Parkraums | Anzahl Freie Plätze [n] Auslastungsgrad Parkhaus / Parkplatz prognostiziert [%] Zeitbedarf für Parkplatzsuche (Komponente der komplexen Reisezeit) |
| Multimodal / Verkehrsträgerübergreifend | Individuelle Empfehlungen zur Routen- und Verkehrsmittelwahl (pre trip) | Komplexe Reisezeit von „Tür zu Tür“ [min] |

4.2.6 Fahrzeugklassen

Lastwagen unterscheiden sich aufgrund ihres grösseren Platzbedarfs, der geringeren Höchstgeschwindigkeit und der anderen Beschleunigungs- und Verzögerungsmöglichkeiten im Vergleich zu Personenwagen. Je nach Blickwinkel gibt es unterschiedliche Definitionen für die Abgrenzung PW - LW. Für Langzeitstatistiken (AVZ, SSVZ) ist eine feinere Einteilung wie die Swiss10-Klassifizierung sinnvoll. Für die Anwendungen im Verkehrsmanagement ist die grobe Einteilung in die beiden Fahrzeugklassen Personenwagen PW und Lastwagen LW ausreichend.

Eine weitere Möglichkeit ist die Zusammenfassung aller Fahrzeugklassen zu einer Klasse von Fahrzeugäquivalenten (PW-Einheiten). Je nach dem wie stark die Auswirkungen durch LW zu berücksichtigen sind, beträgt das Fahrzeugäquivalent für einen Lastwagen zwischen 2 - 3 PW-Einheiten.

4.3 Zeitbezug

4.3.1 Art des Zeitbezugs

Die Schweizer Norm SN 640 948 unterscheidet bei den Verkehrsgrößen drei Arten des Zeitbezugs:

- Eindeutiger Zeitbezug (Einzelfahrzeuergfassung)
- Nicht eindeutiger Zeitbezug (z.B. der Mittelwert einer bestimmten Stunde)
- Unbestimmter Zeitbezug (z.B. die Werte einer Musterganglinie)

Da für die praktischen Anwendungen im Verkehrsmanagement die Einzelfahrzeugdaten nur eine untergeordnete Rolle spielen, werden überwiegend Verkehrsgrößen mit nicht eindeutigem Zeitbezug (aggregierte Werte) oder mit unbestimmtem Zeitbezug (Musterganglinien) verwendet.

4.3.2 Länge des Beobachtungsintervalls

Die Länge des Beobachtungsintervalls variiert je nach Aufgabenstellung und muss aufgrund dieser bestimmt werden. Bei kurzen Intervalllängen (z.B. 60 Sekundenintervall) treten grosse Varianzen zwischen den Messwerten benachbarter Intervalle auf. Ohne eine entsprechende Glättung besteht die Gefahr, dass eine darauf basierende Verkehrszustandsermittlung sprunghafte Zustandsänderungen anzeigt. Bei längeren Beobachtungsintervallen (z.B. 10 Minuten und mehr) besteht die Gefahr, dass kurzfristige Veränderungen (z.B. ein spontaner Geschwindigkeitsabfall bei stockendem Verkehr) nicht erkannt werden.

Folgende Beobachtungsintervalle schlagen die Verfasser abhängig vom Anwendungsbereich vor:

| <i>Tab. 10: Beobachtungsintervall in Abhängigkeit vom Verwendungszweck</i> | |
|--|-----------------------|
| Anwendungsbereich | Beobachtungsintervall |
| Lokale Verkehrszustandsermittlung im Rahmen von Verkehrsbeeinflussungsanlagen oder für die Verkehrssteuerung | 60 Sekunden |
| Netzweite Verkehrslagedarstellung und Kurzfristprognose z.B. für Verkehrsmanagementapplikationen in einer Verkehrszentrale | 5 Minuten |
| Tages-, Monats- und Jahresganglinien, Verkehrsstatistik | 1 Stunde |

4.3.3 Aggregation nach Zeitbereichen

Liegen Einzelfahrzeugbeobachtungen vor, so werden diese zu Zeitintervallen und/oder nach Fahrzeugklassen zusammengefasst. Bei der Aggregation kommen die statistischen Funktionen, Summe, Mittelwert und Standardabweichung zur Anwendung.

Die **Verkehrsstärke q** [Fahrzeuge/Zeit] ist die Summe der Einzelfahrzeuge (i) einer bestimmten Fahrzeugklasse (k), die im Beobachtungsintervall (t) erfasst wurden. Der Zeitbezug der nach Zeitintervallen aggregierten Daten ist nicht mehr eindeutig, da er sich nicht mehr auf einen Zeitpunkt, sondern auf einen Zeitbereich bezieht.

Wird mit der Einzelfahrzeuergfassung auch die **lokale Geschwindigkeit (v_L)** im Messquerschnitt erhoben, so ist die mittlere Geschwindigkeit einer Fahrzeugklasse im Beobachtungsintervall T der Mittelwert der für die Klasse im Beobachtungszeitraum erfassten Einzelgeschwindigkeiten.

Eine weitere Verdichtung der Daten ist durch die Aggregation zu **Tages-, Monats- und Jahresganglinien** oder zu sogenannten **Musterganglinien** möglich. Dabei wird aus den Stundenwerten für Verkehrsstärke und Geschwindigkeit ein entsprechender Mittelwert für den jeweiligen Wochentag oder Monat errechnet. Geschwindigkeiten für den Gesamtverkehr als gewichtetes Mittel aus den mittleren Geschwindigkeiten der einzelnen Fahrzeugklassen berechnet werden. Als Gewichte dienen dabei die Fahrzeugmengen der jeweiligen Fahrzeugklassen.

4.4 Raumbezug

4.4.1 Arten des Raumbezugs

In den einschlägigen Schweizer Normen SN 640 911 [8], SN 640 912 [9], SN 640 914 [10] und SN 671 941 [18] werden drei Systeme des Raumbezugs unterschieden: Planarer Raumbezug, Linearer Raumbezug, Topologischer Raumbezug.

Im **planaren Raumbezugssystem** wird ein Ort anhand der planaren Koordinaten bestimmt. Ein Beispiel dafür wäre eine Positionsangabe im System der Schweizer Landeskoordinaten.

Im **linearen Raumbezugssystem** wird ein Ort anhand seiner Lage entlang einer Achse (Strassenachse) bestimmt. Ein Beispiel dafür ist das Räumliche Raumbezugssystem Strasse RBBS, welches die Lage eines Objekts durch die Kilometrierung auf einer Strassenachse beschreibt.

Ein **topologisches Raumbezugssystem** setzt sich aus einer geordneten Abfolge von Knoten und Kanten bzw. den so definierten Abschnitten zusammen. Die Knoten selber sind in einem planaren oder in einem linearen Bezugssystem definiert. Ein Beispiel für ein solches Bezugssystem ist der TMC Location Code oder ein Netzmodell, wie es für Verkehrsmodelle eingesetzt wird.

4.4.2 Elemente des Raumbezugs

Das Netzmodell, auf dem die Verkehrsgrößen abgebildet werden, ist eine Abstraktion des tatsächlichen Strassennetzes, um die Verkehrsgrößen entsprechend ihrem Verwendungszweck übersichtlich darzustellen. Das Netzmodell besteht aus Knoten und Strecken (auch Kanten genannt), welche die Knoten verbinden.

Für die Abbildung der Verkehrsdaten im Netz werden folgende Bezugselemente vorgeschlagen. Die dazugehörigen Abbildungen sind im Anhang IV ff. enthalten.

Knoten

Knoten sind Punkte, in denen eine Strecke beginnt oder endet. Für die Abbildung der Verkehrsgrößen für das verkehrsträgerübergreifende Verkehrsmanagement wird eine Unterscheidung der folgenden Knotentypen vorgeschlagen:

- Niveaufreie Knoten auf den Hochleistungsstrassen
 - Verzweigungen: Anfang bzw. Ende der Verbindungsrampen
 - Anschlüsse: Ende des Beschleunigungsstreifens bzw. der Beginn des Verzögerungsstreifens
 - Bei Raststätten und Warteräumen: Ende des Beschleunigungsstreifens bzw. der Beginn des Verzögerungsstreifens
 - Die durchgehende Hauptfahrbahn zwischen dem Beginn der Ausfahrt (Beginn Verzögerungsstreifen) und dem Ende der Einfahrt (Ende Beschleunigungsstreifen) wird als separates Segment abgebildet.
 - Die Verbindungsrampen der Verzweigungen, die Aus- und Einfahrtsrampen der Anschlüsse inkl. der parallel zur Hauptfahrbahn verlaufenden Verzögerungs- und Beschleunigungsstreifen werden getrennt von der durchgehenden Hauptfahrbahn als separate Abschnitte abgebildet.

- Höhengleiche Strassenkreuzungen und Einmündungen
 - Sekundärknoten an Autobahnanschlüssen
 - Kreuzungen und Einmündungen von Hauptverkehrsstrassen
- Die Stelle, an der die Anzahl der Fahrstreifen ändert ist ebenfalls als Netzknoten zu betrachten.
- Aus- und Einfahrten zu verkehrintensiven Objekten wie Einkaufszentren oder Veranstaltungsorte bzw. die Parkhäuser und Parkplätze, die zu diesen Objekten gehören
- Der Übergang von bebautem zu nicht bebautem Gebiet ist wegen der unterschiedlichen Streckencharakteristik ebenfalls als Netzknoten zu betrachten.
- Einrichtungen des öffentlichen Verkehrs
 - Bahnhöfe
 - Haltestellen Bus/Tram
 - Park+Ride Anlagen

Innerhalb der Knotenpunkte beschreiben die Abbiegebeziehungen die zulässigen Abbiegevorgänge im Knoten (Rechts, Geradeaus, Links oder Wenden).

Strecken

Die Strecken verbinden die Knoten in Fahrtrichtung. Folgende Streckentypen sind zu unterscheiden:

- Strassenabschnitt zwischen zwei Knoten (Siehe Definition Knoten)
- Abschnitt einer Bus- oder Tramlinie zwischen zwei Haltestellen
- Abschnitt einer Schienenstrecke zwischen zwei Bahnhöfen

4.4.3 Raumbezug für Hochleistungsstrassen HLS

Die Abbildung der Verkehrsgrößen für die durchgehende Hauptfahrbahn der HLS erfolgt richtungsgetreunt und, wenn erforderlich, auch fahrstreifenfein (z.B. für Ein- und Ausfahrten).

In Längsrichtung sind Hochleistungsstrassen nach den unter 4.4.2 genannten Kriterien aufgeteilt.

4.4.4 Raumbezug für Hauptverkehrsstrassen HVS

Das im Zusammenhang mit den Verkehrsdaten für das Verkehrsmanagement relevante Netz beinhaltet alle Hauptverkehrsstrassen sowie in begründeten Einzelfällen sonstige Strassen, die an verkehrintensiven Objekten angebunden sind.

Die Hauptverkehrsstrassen ausserorts werden richtungsgetreunt und im Bereich der Knotenpunkte fahrstreifengenau abgebildet. In Längsrichtung sind die Hauptverkehrsstrassen nach den unter 4.4.2 genannten Kriterien aufgeteilt.

Bei den HVS innerorts stellt sich die Frage, wie fein das Netz aufgeteilt sein muss, um die für das Verkehrsmanagement relevanten Verkehrsgrößen abzubilden.

Aus Sicht der Lichtsignalsteuerung wäre eine möglichst feine Darstellung sinnvoll, welche auch Kreuzungen mit Nebenstrassen enthält und damit für jede Verkehrsbeziehung Wartezeit und Rückstaulänge dargestellt werden kann.

Das verkehrsträgerübergreifende Verkehrsmanagement (das bei dieser Arbeit im Vordergrund steht) versucht überwiegend durch die Information der Verkehrsteilnehmer und Fahrgäste Einfluss auf die Routen- und Verkehrsmittelwahl zu nehmen. Zu diesem Zweck ist die Kenntnis der fahrstreifenfeinen Verlustzeiten an einem einzelnen Knoten nicht unbedingt erforderlich; eine zuverlässige Aussage über den Gesamtzeitverlust auf einem Streckenabschnitt ist ausreichend. Entstehen an einem einzelnen Knotenpunkt, welcher innerhalb eines Abschnitts liegt, grosse Zeitverluste, so sind diese dem gesamten Segment (z.B. der gesamten Ortsdurchfahrt) zuzuordnen.

Aus diesem Grund werden die Hauptverkehrsstrassen ausserorts und innerorts nach den selben Prinzipien aufgeteilt.

4.4.5 Raumbezug für das Liniennetz des öffentlichen Verkehrs

Im öffentlichen Verkehr werden die Verkehrsgrössen auf folgende Elemente abgebildet:

- Knoten: Bahnhöfe, Bus- oder Tramhaltestellen, P+R-Anlagen
- Strecken: Liniennetz zwischen den Knoten

An den Bahnhöfen und Park+Ride-Anlagen sind die Netze des Strassenverkehrs und des öffentlichen Verkehrs miteinander verknüpft, hier sind Umsteigevorgänge und Wechsel der Verkehrssysteme möglich.

4.4.6 Raumbezug für Anlagen des ruhenden Verkehrs

Die relevanten Verkehrsgrössen für den ruhenden Verkehr beziehen sich auf Parkplätze und Parkhäuser oder auf ein definiertes Gebiet (z.B. alle Parkplätze in der Innenstadt). Bei ersteren (den Parkplätzen und Parkhäusern) handelt es sich um punktförmige Bezelemente, bei letzteren um eine Fläche.

4.4.7 Raumbezug für den Langsamverkehr

Das Wegenetz für Velos ist Teil des öffentlichen Strassennetzes. Wie bereits in Kapitel 2.2.3 dargestellt, gibt es im Aufgabenbereich des Verkehrsmanagements keinen Anwendungsfall, der eine separate Erfassung und Abbildung der Verkehrsgrössen von Velos rechtfertigen würde. Aus diesem Grund wird auf eine für Velos ausgerichtete Definition des Raumbezugs der Verkehrsgrössen verzichtet. Auch die Erfassung der Velos im Rahmen der verkehrsabhängigen Lichtsignalsteuerung (für die vorgezogene Anmeldung oder wenn kein PW da ist) erfordert dies nicht, da aus dieser Erfassung keine Verkehrsdaten gewonnen werden, welche ausserhalb der LSA-Steuerung weiterverarbeitet werden.

Anders sieht es dagegen beim Fussgängerverkehr aus. Für eine verkehrsträgerübergreifende Wegekette gibt es (neben dem direkten Fussweg vom Ausgangsort zum Ziel, der aber hier nicht weiter behandelt wird) drei Typen von Fusswegen die im Anhang IV.6 dargestellt sind.

| Typ | Von | Nach | Bemerkung |
|--------------|--|---|--|
| Zugangsweg | Ausgangspunkt der Reise Wohnung, Arbeitsplatz, Schule, Einkaufen, etc. | Einstiegsstelle Bahnhof, Haltestelle öV, Abstellplatz PW oder Velo | Länge des Weges je nach Ausgangspunkt sehr unterschiedlich |
| Übergangsweg | Ausstiegsstelle Bahnhof, Haltestelle öV, Abstellplatz PW oder Velo | Einstiegsstelle Bahnhof, Haltestelle öV, Abstellplatz PW oder Velo | Die Länge des Weges für Umsteigebeziehungen ist konstant |
| Abgangsweg | Ausstiegsstelle Bahnhof, Haltestelle öV, Abstellplatz PW oder Velo | Ziel der Reise Wohnung, Arbeitsplatz, Schule, Einkaufen, etc. | Länge des Weges je nach Ziel sehr unterschiedlich |

4.5 Qualität von Verkehrsdaten

Die Qualität von Verkehrsdaten wird mithilfe der folgenden Kriterien beurteilt:

- Thematische Genauigkeit
- Lagegenauigkeit
- Zeitliche Genauigkeit
- Aktualität
- Vollständigkeit
- Ausrüstungsgrad und Erfassungsrate

Im Zusammenhang mit dem Thema „Qualität von Verkehrsdaten“ wird neben der in der Literaturliste aufgeführten Schweizer Norm [7] auch auf das Dokument [23] verwiesen. Darin ist ein praxisorientiertes Vorgehen zur Qualitätssicherung von Verkehrsdaten beschrieben.

Die Frage nach konkreten zahlenmässigen Qualitätsvorgaben für die einzelnen Verkehrsgrössen und Erfassungssysteme kann angesichts der Komplexität dieses Themas im Rahmen dieser Arbeit nicht abschliessend beantwortet werden. Hier besteht nach wie vor dringender Bedarf an weiterführenden Untersuchungen. Das Ziel muss sein, für die einzelnen Verkehrsgrössen und Erfassungssysteme konkrete zahlenmässige Anforderungen zu definieren (siehe hierzu auch Kapitel 6). Da neben den Qualitätsanforderungen auch die dazugehörigen (und praxistauglichen) Testverfahren entwickelt werden müssen, kann dieses Vorhaben nur in enger Zusammenarbeit mit Herstellern und Betreibern von Verkehrserfassungssystemen durchgeführt werden.

4.5.1 Thematische Genauigkeit

Die thematische Genauigkeit beschreibt den Grad der Übereinstimmung zwischen gemessenen Daten aus einem Testsystem und einer vergleichbaren Referenzmessung, deren Ergebnis als „richtig“ angesehen wird. Die Genauigkeit wird durch die Abweichung der Testmesswerte in Bezug auf das Referenzsystem angegeben.

Genauigkeitsanforderung für Systeme zur lokalen Verkehrserfassung

Genauigkeitsanforderungen an die Erfassung von Verkehrsstärke und lokaler Geschwindigkeit werden in der ASTRA-Richtlinie Verkehrsmanagement Schweiz [20] genannt. Diese Anforderungen entsprechen weitgehend den Vorgaben der TLS 2002 [25], die im Abschnitt VI ausführlich die „Prüfverfahren der Verkehrserfassung“ sowie die einzuhaltenden Genauigkeiten für Verkehrsstärke (mit Fahrzeugklassifizierung), Geschwindigkeit und Achslasterfassung beschreibt.

Genauigkeitsanforderung an die abschnittsbezogene Reisegeschwindigkeit

In der ASTRA-Richtlinie Verkehrsmanagement Schweiz [20] werden hierzu Vorschläge gemacht, diese bedürfen nach Aussage der Verfasser dieser Richtlinie aber noch einer Überprüfung. Die Schwierigkeit hierbei ist nicht nur Genauigkeitsanforderungen zu definieren, welche den Anforderungen der Nutzer genügen, sondern auch ein Testverfahren zu entwickeln, welches ermöglicht, diese Anforderungen in der Praxis mit vertretbarem Aufwand zu überprüfen.

4.5.2 Lagegenauigkeit

Die Lagegenauigkeit ist die Genauigkeit der Lage der Objekte in der Grundrissebene oder bezüglich der Höhenangabe. Die Anforderungen an die Lagegenauigkeit sind abhängig vom Kartenmassstab, in dem die Daten dargestellt werden sollen, und der entsprechenden Generalisierung. Die Frage, welche Lagegenauigkeit erforderlich ist, kann nur im Zusammenhang mit der verwendeten Kartengrundlage geklärt werden.

4.5.3 Zeitliche Genauigkeit

Unter zeitlicher Genauigkeit wird verstanden

- wie weit der Zeitpunkt der Erhebung von der Referenzzeit abweicht
- wie weit die tatsächliche Intervalldauer von der theoretischen Dauer abweicht
- mit welcher zeitlichen Auflösung die Daten erfasst werden

Für die lokale Verkehrserfassung mit Schleifen werden in der ASTRA-Richtlinie Verkehrszähler hierfür konkrete Anforderungen genannt. Für andere Erfassungssysteme sind bisher keine Anforderungen definiert.

4.5.4 Aktualität

Das Ergebnis einer Verkehrsbeobachtung liegt erst nach dem Ende des Beobachtungszeitraums vor. Daher beziehen sich die gemessenen Verkehrsgrößen immer auf einen Zeitpunkt bzw. eine Zeitspanne in der Vergangenheit. Eine wesentliche Frage bei Online-Verkehrsgrößen (Kurzzeitdaten) ist daher, wie aktuell die gelieferten Messwerte tatsächlich sind. Die Mindestanforderung ist, dass die Zeitspanne zwischen dem Ende des Beobachtungsintervalls und der Bereitstellung der aufbereiteten Daten im Zielsystem (also der Zeitbedarf für Aggregation und Datenübertragung) kleiner ist als das Beobachtungsintervall [19].

4.5.5 Vollständigkeit

Die Vollständigkeit der Daten wird durch den Anteil der vollständig erhaltenen Messwerte im Verhältnis zur Anzahl der zu erwartenden Messwerte beschrieben. Dies erlaubt eine Kontrolle darüber, ob ein Datensatz vollständig ist oder ob Werte fehlen. Eine hundertprozentige Vollständigkeit (wie in [19] gefordert) ist in der Praxis nicht immer erreichbar. Konkrete praxisorientierte Vorgaben hierzu fehlen aber bisher.

4.5.6 Ausrüstungsgrad und Erfassungsrate

Der **Ausrüstungsgrad** gibt im Zusammenhang mit der stationären Verkehrserfassung an wie gut ein Strassennetz mit Verkehrserfassungssystemen ausgerüstet ist. Die ASTRA-Richtlinie Verkehrsmanagement Schweiz [20] definiert für die Hochleistungsstrassen vier Ausrüstungsgrade mit einer unterschiedlichen Dichte an stationären Messstellen. Für das untergeordnete Netz sind diesbezüglich keine Anforderungen bekannt.

Die **Erfassungsrate** gibt an, welcher Anteil an der Verkehrsleistung durch das Messsystem erfasst werden kann. Je mehr Objekte (d.h. Fahrzeuge oder Personen) beobachtet werden, umso aussagekräftiger ist das Resultat. Dies ist vor allem bei den mobilen Sensoren (Floating Cars) von Bedeutung, da bei dieser Methode nur Stichproben erhoben werden. Der Anteil der Floating Cars an der Gesamtmenge wird auch **Durchdringungsrate** (engl. penetration rate) genannt. Erfahrungen im Ausland zeigen, dass auf Autobahnen mindestens 3-5 % der Fahrzeuge als Floating Cars ausgerüstet sein müssten, um brauchbare Ergebnisse zu erhalten. Die Wahrscheinlichkeit, dass ein zufälliges Ereignis bei bekannter Durchdringungsrate zuverlässig erkannt wird, kann mithilfe des unter [29] beschriebenen Verfahrens berechnet werden.

5 Lösungskonzept

5.1 Datenkatalog für das Verkehrsmanagement

Um die Verkehrsgrößen von verschiedenen Verkehrsträgern und Quellen nutzen zu können, ist eine gewisse Vereinheitlichung notwendig. Dies betrifft vor allem den Raumbezug und den Zeitbezug. Die unterschiedlichen Definitionen sind heute ein Hindernis für die Zusammenführung und verkehrsträgerübergreifende Nutzung der Verkehrsgrößen.

Aufgrund der Anforderungen an die Verkehrsdaten wurde daher ein **Datenkatalog für das Verkehrsmanagement** erarbeitet, welcher für die im VM relevanten Verkehrsgrößen in ihren Eigenschaften beschreibt und versucht, eine einheitliche Basis herzustellen.

Der Datenkatalog ist auch offen für zukünftige Datenquellen, da er unabhängig von der Erfassungstechnologie Anforderungen an die Resultate definiert.

Der Datenkatalog ist im Anhang III enthalten. Für jede Verkehrsgröße gibt es ein Faktenblatt, mit dem Versuch, für die im Kapitel 4 genannten Anforderungen möglichst konkrete Vorgaben zu machen. Einige Punkte vor allem betreffend Datenqualität sind noch unvollständig, da die Anforderungen diesbezüglich nicht bekannt bzw. erst durch weiterführende Untersuchungen zu bestimmen sind.

5.2 Erfassungssysteme

Im Folgenden werden Erfassungssysteme und Datenquellen aufgeführt, welche sich unter Berücksichtigung des aktuellen Stands der Technik für die automatische Verkehrserfassung und die Anwendung im Verkehrsmanagement eignen. Die wesentlichen Kriterien bei der Auswahl waren die zeitnahe Datenverfügbarkeit (Online-Fähigkeit), der Aufwand für Wartung und Betrieb und die Möglichkeit einer Mehrfachnutzung (z.B. Verwendung für Verkehrsstatistik und lokale Verkehrssteuerung).

5.2.1 Motorisierter Individualverkehr

Für den MIV werden folgende Datenquellen für das Verkehrsmanagement empfohlen:

Tab. 12: Datenquellen für das Verkehrsmanagement

| Netz | Messsystem | Empfohlen für Erfassung von... | Sonstige Eigenschaften |
|-------|--|---|--|
| HLS | Messquerschnitt mit Induktionsschleifen (Doppelschleifen) | Verkehrsstärke Lokale Geschwindigkeit (Belegung; i. d. R. nicht relevant) | Fahrstreifengenau Swiss10-Klassifizierung möglich Hohe Genauigkeit und Zuverlässigkeit im Betrieb |
| | Messquerschnitt mit kombinierten Sensoren (Radar, Ultraschall, Infrarot) | Verkehrsstärke Lokale Geschwindigkeit (Belegung; i. d. R. nicht relevant) | Fahrstreifengenau Mind. 2 Fahrzeugklassen |
| | Messquerschnitt mit Videokameras mit virtuellem Messquerschnitt | Verkehrsstärke Lokale Geschwindigkeit (Belegung; i. d. R. nicht relevant) | Fahrstreifengenau Mind. 2 Fahrzeugklassen |
| | Messstrecke mit Videoaufzeichnung und digitaler Bildauswertung (Nummernschild Wiedererkennung) | Abschnittsbezogene Reisezeit und Reisegeschwindigkeit | Gesamtverkehr, alle Fahrstreifen |
| | Floating Car Data / Floating Phone Data | Abschnittsbezogene Reisezeit und Reisegeschwindigkeit | Gesamtverkehr, alle Fahrstreifen |
| HVS | Messquerschnitt mit Induktionsschleifen (Doppelschleifen) | Verkehrsstärke Lokale Geschwindigkeit Belegung | Fahrstreifengenau, Swiss10-Klassifizierung möglich Hohe Genauigkeit und Zuverlässigkeit im Betrieb |
| | Messquerschnitt mit kombinierten Sensoren (Radar, Ultraschall, Infrarot) | Verkehrsstärke Lokale Geschwindigkeit Belegung | Fahrstreifengenau Mind. 2 Fahrzeugklassen |
| | Messquerschnitt mit Videokameras mit virtuellem Messquerschnitt | Verkehrsstärke Lokale Geschwindigkeit Belegung | Fahrstreifengenau Mind. 2 Fahrzeugklassen |
| | Messstrecke mit Videoaufzeichnung und digitaler Bildauswertung (Nummernschild Wiedererkennung) | Abschnittsbezogene Reisezeit und Reisegeschwindigkeit | Gesamtverkehr alle Fahrstreifen |
| | Flächendeckende Erfassung durch Floating Car Data / Floating Phone Data | Abschnittsbezogene Reisezeit und Reisegeschwindigkeit | Gesamtverkehr alle Fahrstreifen |
| Stadt | Messquerschnitt mit Induktionsschleifen (Doppelschleifen) | Verkehrsstärke Lokale Geschwindigkeit Belegung | Fahrstreifengenau, Fahrzeugklassifizierung möglich |
| | Messquerschnitt mit Einzelschleifen für Verkehrssteuerung | Verkehrsstärke Belegung | Fahrstreifengenau 2 Fz-Klassen |
| | Messquerschnitt mit kombiniertem Sensoren (Radar, Ultraschall, Infrarot) | Verkehrsstärke Lokale Geschwindigkeit Belegung | Fahrstreifengenau Mind. 2 Fahrzeugklassen |
| | Messquerschnitt mit Videokameras mit virtuellem Messquerschnitt | Verkehrsstärke Lokale Geschwindigkeit Belegung | Fahrstreifengenau Mind. 2 Fahrzeugklassen |
| | Flächendeckende Erfassung durch Taxi-FCD oder öV-FCD | Abschnittsbezogene Reisezeit und Reisegeschwindigkeit | Beschränkung auf Taxi oder öV |

5.2.2 Langsamverkehr

Für die Erfassung von Fußgängern können Infrarotsensoren eingesetzt werden. Die Erfassung von Velos in den Zufahrten von LSA-Knoten erfolgt heute häufig mit Induktionsschleifen. Alternativen z.B. mit Infrarot sind auch möglich.

5.2.3 Öffentlicher Verkehr

Im öffentlichen Verkehr werden die erforderlichen Daten an den dafür vorgesehenen Schnittstellen durch die Betriebsleitsysteme zur Verfügung gestellt:

- Fahrplanauskunft Verkehrsbetrieb (Fahrplandaten, SOLL)
- Haltestelleninformationssystem (Fahrplanabweichung, IST)
- Anschlussinformationssystem (Fahrzeugverfügbarkeit, Zeitbedarf für Umsteigen, IST)

5.2.4 Ruhender Verkehr

Für den ruhenden Verkehr können die erforderlichen Daten an den Schnittstellen der Parkleitrechner zur Verfügung gestellt werden.

5.3 Voraussetzungen

5.3.1 Ortsreferenzierung

Eine grosse Herausforderung bei der verkehrsträgerübergreifenden Nutzung der Verkehrsdaten ist der unterschiedliche Raumbezug und die Tatsache, dass es bis heute keine zufriedenstellende Definition einer Karte gibt, die allen Anforderungen eines verkehrsträgerübergreifenden Verkehrsmanagements gerecht wird.

Je nach Herkunft der Daten und Verwendungszweck kommen unterschiedliche Bezugssysteme zur Anwendung

In der Schweizer Norm SN 640 948 [12] wurden im Hinblick auf ortsfeste Verkehrszähler Vorgaben zum Raumbezug gemacht. Die Schweizer Norm SN 671 941 [18] definiert allgemeine Grundlagen des Ortsbezugs für die Strassenverkehrstelematik und gibt Hinweise für die Transformation zwischen den Bezugssystemen.

Der TMC Location Code, als sehr vereinfachtes Raumbezugssystem, wurde ursprünglich für die Verkehrsinformation im Rahmen von Radiomeldungen entwickelt. Für detaillierte und räumlich hoch aufgelöste Inhalte ist diese Definition nicht (mehr) ausreichend und das Netz des öffentlichen Verkehrs ist auch nicht abgebildet.

Zur Zeit zeichnen sich international weitere Lösungen für die Ortsreferenzierung von Verkehrsdaten und vor allem für Verkehrsinformationen ab:

- **TPEG-loc**, wurde im Rahmen des TPEG Protokolls entwickelt [38]
- **AGORA-C**, wurde von ERTICO initiiert und basiert auf Patenten von Panasonic, Bosch, Siemens und Teleatlas [39]
- **Open LR**, ein unter der Federführung von TomTom entwickelter offener Standard [40]

Diese Entwicklungen sind weiter aufmerksam zu beobachten und bei einer allfälligen Normierung mit einzubeziehen.

5.3.2 Datenfusion

Ein weiterer Punkt, der vor allem die Verkehrsgrössen im Strassenverkehr betrifft, ist die Frage nach der Fusion von lokalen und streckenbezogenen Daten (z.B. Fusion von Schleifendaten und Reisegeschwindigkeiten aus FCD). Hierzu gab es in den vergangenen Jahren im Ausland zahlreiche Projekte und es liegen Lösungen und praktische Erfahrungen zu diesem Thema vor [30]. Die modellbasierte Fusion von Verkehrsdaten aus verschiedenen Quellen (FCD und FPD) wird bereits in kommerziellen Produkten wie z.B. HD Traffic von TomTom erfolgreich eingesetzt. Die theoretischen Grundlagen und ein möglicher modellbasierter Ansatz für die Fusion von Verkehrsdaten ist in [37] beschrieben.

5.3.3 Organisation

Für eine verkehrsträgerübergreifende Nutzung der Verkehrsdaten ist eine Zusammenarbeit von öffentlichen und privaten Akteuren erforderlich. Dies sind zum einen die Eigentümer und Betreiber der Verkehrsinfrastruktur, zum anderen aber auch die Anbieter von Verkehrsinformationsdiensten.

Eigentümer und Betreiber der Verkehrsinfrastruktur

- Netzeigentümer und Strassenbetreiber (Bund, Kantone, Städte und Gemeinden)
- Betreiber Bahnverkehr (SBB, BLS, RBS, weitere)
- Betreiber öffentlicher Personennahverkehr (VBZ, TPG, Bernmobil, weitere)

Anbieter von Verkehrsinformationsdiensten

- SRG idée suisse (öffentlicher Rundfunk und Privatradios)
- Anbieter von Verkehrsinformations- und Navigationsdiensten
- Anbieter sonstiger Dienste die z.B. als Floating Car Daten genutzt werden können

Beide Seiten, die Eigentümer der Verkehrsinfrastruktur und die Anbieter von Verkehrsinformationsdiensten, sind sowohl Datenlieferanten wie auch Datennutzer.

Das Verkehrsmanagement liegt in der Verantwortung der Betreiber. Sie verfügen über die Daten, welche in ihrem Verantwortungsbereich erfasst werden. Auf Seiten der Strassenbetreiber sind dies in erster Linie die lokalen Verkehrsgrößen der Messstellen, zum anderen aber auch die verkehrsrelevanten Ereignismeldungen von Polizei und Unterdienstleistungen.

Die Anbieter von Verkehrsinformations- und Navigationsdiensten erschliessen zum Teil neue Datenquellen, die weitgehend unabhängig von der Verkehrsinfrastruktur funktionieren. Insbesondere sind hier die Floating Car und Floating Phone Daten zu nennen. Für das Schweizer Strassennetz erfasst der Navigationsdiensteanbieter TomTom flächendeckend abschnittsbezogene Reisezeiten, die er im Rahmen der eigenen Produktpalette (HD Traffic) vermarktet. Neben den Verkehrsteilnehmern kommen auch die öffentlichen Verwaltungen (Strassenbetreiber, Verkehrsmanager, Verkehrsplaner) als Kunden für diese Produkte in Frage.

Die kommerziellen Anbieter von Informationsdiensten benötigen aber auch die Ereignismeldungen der Strassenbetreiber (Baustellen, Veranstaltungen, Unfälle), damit sie den Verkehrsteilnehmern eine umfassende Dienstleistung anbieten können. Die Tatsache, dass Eigentümer/Betreiber und Diensteanbieter über Daten verfügen, die dem anderen von Nutzen sind, ist eine gute Voraussetzung für eine Zusammenarbeit im Bereich Verkehrsdaten. Die in ihrer Zielsetzung zum Teil unterschiedlichen Interessen der beteiligten Akteure sind in einem entsprechendem Geschäftsmodell (Public Private Partnership) zu berücksichtigen.

5.4 Anwendungsfälle

5.4.1 Anwendungsfall 1: Verkehrslage und Prognose für den Strassenverkehr

Angestrebtes Resultat:

Flächendeckende Verkehrslagedarstellung für das Strassennetz mit den Verkehrszuständen „frei“, „dicht“, „stockend“, „Stau“. Die Verkehrslage auf den Rampen der Anschlüsse und Verzweigungen der Hochleistungsstrassen soll getrennt von der Hauptfahrbahn erkennbar sein.

Datenquellen

- **Verkehrsstärken** der lokalen Zählstellen (aktuell und historisch). Diese Daten gehörten den jeweiligen Eigentümern der Strasse. Da nicht auf allen Abschnitten Zählstellen liegen, ist q nicht für alle Abschnitte (nur für einen kleinen Teil) vorhanden.
- **Lokale Geschwindigkeiten** von Zählstellen mit Doppelschleifen
- Aus einem Floating Phone Data System eines Anbieters für Navigationsdienste sind für alle Links im Betrachtungsperimeter **abschnittsbezogene Reisegeschwindigkeiten** (aktuell und historisch) vorhanden.

Kartengrundlage

Digitale Strassenkarte. Die niveaufreien Knotenpunkte sind „aufgelöst“.

Lösungsansatz

Der Abgleich der beiden Datenquellen (Zählstellen und FCD) erfolgt durch eine modellbasierte Fusion der Verkehrsgrössen.

Für die Links ohne Verkehrszähler wird die Verkehrsstärke mithilfe eines Verkehrsmodells berechnet.

Der aktuelle Verkehrszustand wird als Funktion von Verkehrsstärke und Reisegeschwindigkeit für jedes Kartensegment ermittelt.

Mithilfe der lokalen Geschwindigkeit kann die Ausdehnung von Staubereichen ermittelt werden.

Die Kurzfristprognose erfolgt mithilfe eines modellbasierten Ansatzes, unter Verwendung der aktuellen Daten und der historischen Musterganglinien für q und v_R .

Hinweis: Für das oben erwähnte Verkehrsmodell werden Quell-/Zielmatrizen mit einer ausreichend hohen zeitlichen Auflösung benötigt (24 Stundenwerte für 7 Wochentage).

5.4.2 Anwendungsfall 2: Verkehrslenkung im Netz

Angestrebtes Resultat:

Für eine Netzmasche im Strassennetz sollen verschiedene Alternativrouten miteinander verglichen und bewertet werden.

Eingangsgrößen:

- **Verkehrsstärken** der lokalen Zählstellen (aktuell und historisch). Diese Daten gehörten den jeweiligen Eigentümern der Strasse. Die betrachtete Normalroute und die in Frage kommenden Alternativrouten sind ausreichend mit Zählstellen ausgerüstet.
- Aus einem Floating Phone Data System eines Anbieters für Navigationsdienste sind für alle Links im Betrachtungsperimeter **abschnittsbezogene Reisegeschwindigkeiten** (aktuell und historisch) vorhanden.
- Die Art der Behinderung und die voraussichtliche Dauer gehen aus den **Ereignismeldungen** von Polizei und Unterhaltsdiensten hervor.

Kartengrundlage:

Digitale Strassenkarte mit aufgelösten Knotenpunkten.

Lösungsansatz:

Vorgängig ist eine Annahme bezüglich des Lenkungspotenzials und des Befolgungsgrades für die alternative Zielführung erforderlich. Für die Bestimmung dieser Parameter sind im Vorfeld ggf. Erhebungen durchzuführen. Alternativ könnte das Lenkungspotenzial auch mithilfe einer entsprechenden Umlegungsrechnung abgeschätzt werden.

Mithilfe der Annahmen zu Lenkungspotenzial, Befolgungsgrad und den Daten der aktuellen/prognostizierten Verkehrsstärke ist vor dem Entscheidungspunkt eine Abschätzung des zusätzlichen Verkehrs auf der Alternativroute möglich.

Vom Entscheidungspunkt bis zum Endpunkt der Route wird für den Fall „Normalroute mit Behinderung“ und für die jeweiligen Lenkungsfälle „Alternativrouten mit zusätzlichem Verkehr“ die Verkehrsleistung ($L = q \cdot v_R \cdot T$) berechnet. Dabei kann eine unterschiedliche Dauer für den Betrachtungszeitraum T (z.B. Alternativroutenempfehlung für die Dauer von 15 Minuten, 30 Minuten oder 60 Minuten) angenommen werden.

Es „gewinnt“ diejenige Alternativroute, mit welcher sich bei gemeinsamer Betrachtung von „Normalroute mit Behinderung“ und „Alternativroute mit zusätzlichem Verkehr“ die grösste Verkehrsleistung für die gesamte Netzmasche ergibt.

5.4.3 Anwendungsfall 3: Verkehrszustandsermittlung für Leiten

Angestrebtes Resultat:

Lokale Verkehrszustandserfassung im Zuge einer Verkehrsbeeinflussungsanlage (Geschwindigkeitsharmonisierung mit Stauwarnung) auf einem stark belasteten HLS-Abschnitt.

Eingangsgrößen:

Verkehrsstärke und lokale Geschwindigkeit der lokalen Zählstellen, fahstreifengenau als Minutenwerte. Erfassung mittels Induktionsschleifen oder Radar im Abstand von 1-1.5 km. Die Lage der Sensoren ist auf die Standorte der Signalisationsmittel abgestimmt.

Kartengrundlage:

Nicht zwingend erforderlich. Für die Visualisierung in einer Verkehrszentrale zweckmässig.

Lösungsansatz:

Datenverarbeitung und Zustandsermittlung mit den Arbeitsschritten

- Glättung der Minutenwerte für q und v
- Berechnung der Dichte mit $k = q/v$
- Berechnung des Verkehrszustands als Funktion von Dichte und Geschwindigkeit
- Zuordnung des ermittelten Verkehrszustands zu einem Signalisationszustand (nachfolgend eine mögliche Zuordnung)

| Verkehrszustand | Signalisationszustand |
|-----------------------------------|--------------------------------|
| Freier Verkehr | Freie Fahrt (Grundzustand) |
| Dichter Verkehr | 100 km/h |
| Zähfliessender/Stockender Verkehr | 80 km/h |
| Stau | 80 km/h + Signal „Stauwarnung“ |

- Hystereseffekte: Durch geeignete Massnahmen (z.B. Schaltsperrzeit) wird das unerwünschte Pendeln zwischen den Signalisationszuständen verhindert.

5.4.4 Anwendungsfall 4: Verkehrszustandsermittlung für Verkehrssteuerung

Angestrebtes Resultat:

Optimierung des Verkehrsablaufs an der Schnittstelle von HLS und HVS unter Berücksichtigung des öffentlichen Verkehrs. Der betrachtete Knotenpunkt ist mit einer verkehrsabhängigen Lichtsignalanlage ausgerüstet.

Erforderliche Eingangsgrößen:

- Verkehrsstärke in den Knotenpunktzufahrten HVS
- Verkehrsstärke Einfahrt / Ausfahrt HLS
- Verkehrsstärke auf durchgehender Hauptfahrbahn HLS
- Rückstauerkennung auf HLS (am Anfang des Verzögerungstreifens)
- Effektiv geschaltete Grünzeiten der Lichtsignalanlage am Sekundärknoten

Kartengrundlage:

Nicht zwingend erforderlich. Für die Visualisierung in einer Verkehrszentrale zweckmässig.

Lösungsansatz:

- 1.) Verkehrliche Randbedingungen festlegen, welche einzuhalten sind:
 - Die Fahrplanabweichung des öV auf dem untergeordneten Netz soll weniger als X Minuten betragen.
 - Kein Rückstau von der Ausfahrt auf die durchgehende Fahrbahn der HLS.
 - Der Zufluss von der Einfahrt auf die HLS darf die Leistungsfähigkeit der Hauptfahrbahn nicht beeinträchtigen. Der maximal verträgliche Zufluss ergibt sich in Abhängigkeit von der Verkehrsmenge auf der Hauptfahrbahn.
- 2.) Die verkehrsabhängige Steuerung der LSA soll unter Einhaltung der in 1.) formulierten Randbedingungen erfolgen. Hierfür muss ein zweckmässiger Regler (Regelwerk, Algorithmus) verwendet werden.
- 3.) Im Betrieb müssen die für die Schaltung erforderlichen Grössen kontinuierlich ermittelt werden.

5.4.5 Anwendungsfall 5: Verkehrsträgerübergreifende individuelle Verkehrsinformation

Die schematische Darstellung der „komplexen Reisezeit“ ist im Anhang V dargestellt.

Angestrebtes Resultat:

Für eine verkehrsträgerübergreifende Wegeketten sollen die einzelnen Elemente der komplexen Reisezeit bestimmt werden. Der erste Teil der Reise erfolgt mit dem PKW und wird nach einem Umstieg auf den öV an einer P+R Anlage bis zum Ziel mit dem öffentlichen Verkehr fortgesetzt. Als Ergebnis soll die voraussichtliche Ankunftszeit am Zielort und die während der Reise notwendigen Umsteigevorgänge vorliegen. Die Verkehrsinformation soll pre-trip und on-trip möglich sein und Zeitverluste aufgrund von Störungen während der Reise mitberücksichtigen.

Erforderliche Eingangsgrößen:

Ausgangspunkt und Ziel der Reise: Ort

Beginn oder Ende der Reise: Uhrzeit

Fahrpläne der entsprechenden Haltestellen / Linien

Kartengrundlage: Wird benötigt für Routensuche, Länge der Wege, Visualisierung

Lösungsansatz:

Ausgehend von der mit Formel 4 dargestellten Struktur der komplexen Reisezeit, werden die über die Zeit veränderlichen Elemente (TB, TV, TS, TW) in regelmässigen Abständen (z.B. alle 5 Minuten) neu berechnet. Die Zeiten für TZ, T_Ü und TA sind nur abhängig von der Weglänge und für das jeweilige Element der Wegeketten über die Zeit konstant. Sie brauchen nur bei einer Änderung des Ausgangsorts, des Zielorts oder der Umsteigebeziehung neu berechnet werden.

| | | | |
|------|----------------|--|--|
| Fuss | TZ | Zugangszeit vom Ausgangspunkt bis zur Einstiegsstelle | Ort und Zeitpunkt des Reiseantritts bestimmen. Anhand der Weglänge und der angenommenen Gehgeschwindigkeit wird die Zugangszeit berechnet. |
| | TB(tx) | Beförderungszeit (Normalfall, tageszeitabhängig) | Anhand der Weglänge und der für jeden Link zum Zeitpunkt der Reise ermittelten möglichen Reisezeit, wird die Beförderungszeit berechnet. Die tageszeitabhängigen Veränderungen aufgrund der Verkehrslage sind mit berücksichtigt. Die Zeitverluste aufgrund von nicht vorhersehbaren Störungen sind nicht enthalten. |
| PKW | TV(tx) | Zeitverluste aufgrund von nicht vorhersehbaren Störungen | Die Zeitverluste aufgrund von nicht vorhersehbaren Störungen, die während der Beförderungszeit auftreten. Im Anhang IV sind in erster Linie Zeitverluste aufgrund von Unfällen bzw. Sperrungen dargestellt. |
| | TS(tx) | Suchzeit für Abstellplatz | Mittlere Dauer bis ein Abstellplatz in der Nähe der Ausstiegsstelle gefunden wurde. Die tageszeitabhängigen Veränderungen aufgrund der Verkehrslage sind dabei mit berücksichtigt. |
| | T _Ü | Übergangszeit | Anhand der Weglänge von der Ausstiegsstelle bis zur Einstiegsstelle und der angenommenen Gehgeschwindigkeit wird die Übergangszeit berechnet. |
| Fuss | TW(tx) | Wartezeit an Einstiegshaltestelle | Die Wartezeit ist die Differenz zwischen der Ankunft an der Einstiegsstelle und der tatsächlichen Abfahrt. |
| | TB(tx) | Beförderungszeit (aus Fahrplan) | Fahrplanmässige Beförderungszeit |
| öV | TV(tx) | Zeitverluste aufgrund von nicht vorhersehbaren Störungen | Die Zeitverluste aufgrund von nicht vorhersehbaren Störungen, die während der Beförderungszeit auftreten. Im öV sind dies Verspätungen gegenüber der fahrplanmässigen Ankunft. |
| | TA | Abgangszeit von Ausstiegsstelle zum Ziel der Reise | Anhand der Weglänge und der angenommenen Gehgeschwindigkeit wird die Abgangszeit berechnet. |

In einem ersten Berechnungsschritt wird als Bezugsgrösse die „Reisezeit im Normalfall“ berechnet. Dabei gelten folgende Annahmen:

- Die Beförderungszeiten TB im Strassenverkehr sind abhängig vom tageszeitlich bedingten Verkehrsaufkommen. Sie werden mithilfe historischer Daten (z.B. Musterganglinien) ermittelt.
- Die Beförderungszeiten TB im öffentlichen Verkehr ergeben sich aus dem Fahrplan.
- Im sogenannten „Normalfall“ sind die Verlustzeiten $TV=0$.
- Die Wartezeiten an den Haltestellen werden unter der Annahme eines ungestörten Betriebs anhand der Fahrplandaten und abzüglich der Zugangs- oder Übergangszeiten ermittelt.

In den folgenden Berechnungsschritten wird die Reisezeit aufgrund der aktuell bekannten Situation berechnet. Dabei gelten folgende Annahmen:

- Die Beförderungszeiten TB im Strassenverkehr sind abhängig vom effektiven Verkehrsaufkommen. Diese Angaben liefert die Verkehrszustandsermittlung und Prognose.
- Die Beförderungszeiten TB im öffentlichen Verkehr ergeben sich aus dem Fahrplan.
- Die Verlustzeiten können $TV>0$ sein.
- Die Wartezeiten bei Umsteigevorgängen sind von der tatsächlichen Ankunft am Umsteigeort abhängig. Zeitverluste auf dem davorliegenden Abschnitt können eine Änderung der Anschlussverbindung zur Folge haben.

Nach jedem Berechnungsschritt wird die Differenz zwischen der eingangs ermittelten „Reisezeit im Normalfall“ und der „effektiven Reisezeit“ bestimmt. Der prognostizierte Zeitpunkt der Ankunft am Zielort verändert sich dementsprechend.

6 Fazit und Empfehlung

6.1 Zielerreichung

Das wesentliche Ziel des Forschungsauftrags war die Erarbeitung einer Auslegeordnung für die Verkehrsdaten und die Erarbeitung eines Datenkatalogs für das Verkehrsmanagement. Dieses Ziel wurde erreicht. Basierend auf der Auslegeordnung, den umfangreichen Recherchen im In- und Ausland und den Anforderungen aus Sicht der Anwender (Strassenbetreiber und Verkehrsteilnehmer) wurde ein umfangreicher Datenkatalog für das Verkehrsmanagement entwickelt (Anhang III des Forschungsberichts). Dieser listet die für das Verkehrsmanagement relevanten Verkehrsgrößen auf und macht Angaben zu Inhalt, Verwendungszweck, Zeit- und Raumbezug und formuliert, wo es möglich war, Anforderungen an die Datenqualität.

6.2 Offene Punkte

Die Frage nach konkreten zahlenmässigen Anforderungen für die verschiedenen Qualitätskriterien der Verkehrsgrößen konnte nicht für alle Daten beantwortet werden. Insbesondere bei den streckenbezogenen Verkehrsgrößen, die mit neuen Technologien wie Floating Car Data erfasst werden, gibt es noch keine oder sehr wenig Erfahrungen, welche Datenqualität tatsächlich erforderlich und möglich ist. Nach Ansicht der Verfasser sind hierfür Feldversuche mit verschiedenen Erfassungstechnologien und unter verschiedenen Randbedingungen erforderlich. Ein solches Vorhaben war im vorgegeben Rahmen des Forschungsauftrages jedoch nicht durchführbar.

6.3 Empfehlung

Die Erkenntnisse aus diesem Forschungsvorhaben sollten beim Aufbau neuer Verkehrserfassungssysteme oder bei der Erneuerung bestehender Systeme berücksichtigt werden. Damit dies einheitlich umgesetzt werden kann, wird empfohlen, die folgenden Elemente aus der vorliegenden Arbeit als Grundlagen für eine Normierung zu verwenden:

- Aufbau eines semantischen Datenkatalogs aufgrund des Entwurfs im Anhang III
- Konkrete (quantitative) und überprüfbare Anforderungen an die Datenqualität aus Sicht der Anwender. Die Grundlage dafür bilden die Qualitätskriterien aus Kapitel 4. Falls vorhanden sind Resultate aus Feldtests mit einzubeziehen.
- Testverfahren, mit dem die Anforderungen an die Datenqualität mit vertretbarem Aufwand überprüft werden können. Diese Verfahren wären noch zu definieren.
- Vorgaben für Ortsreferenzierung: Bezugselemente, Kartengrundlage, Lagegenauigkeit
- Vorgaben für den Zeitbezug (Messintervalle und Aggregierungsintervalle je nach Verwendungszweck) und die Datenverarbeitung (Plausibilitätsprüfung, Ersatzwertbildung und Glättung)

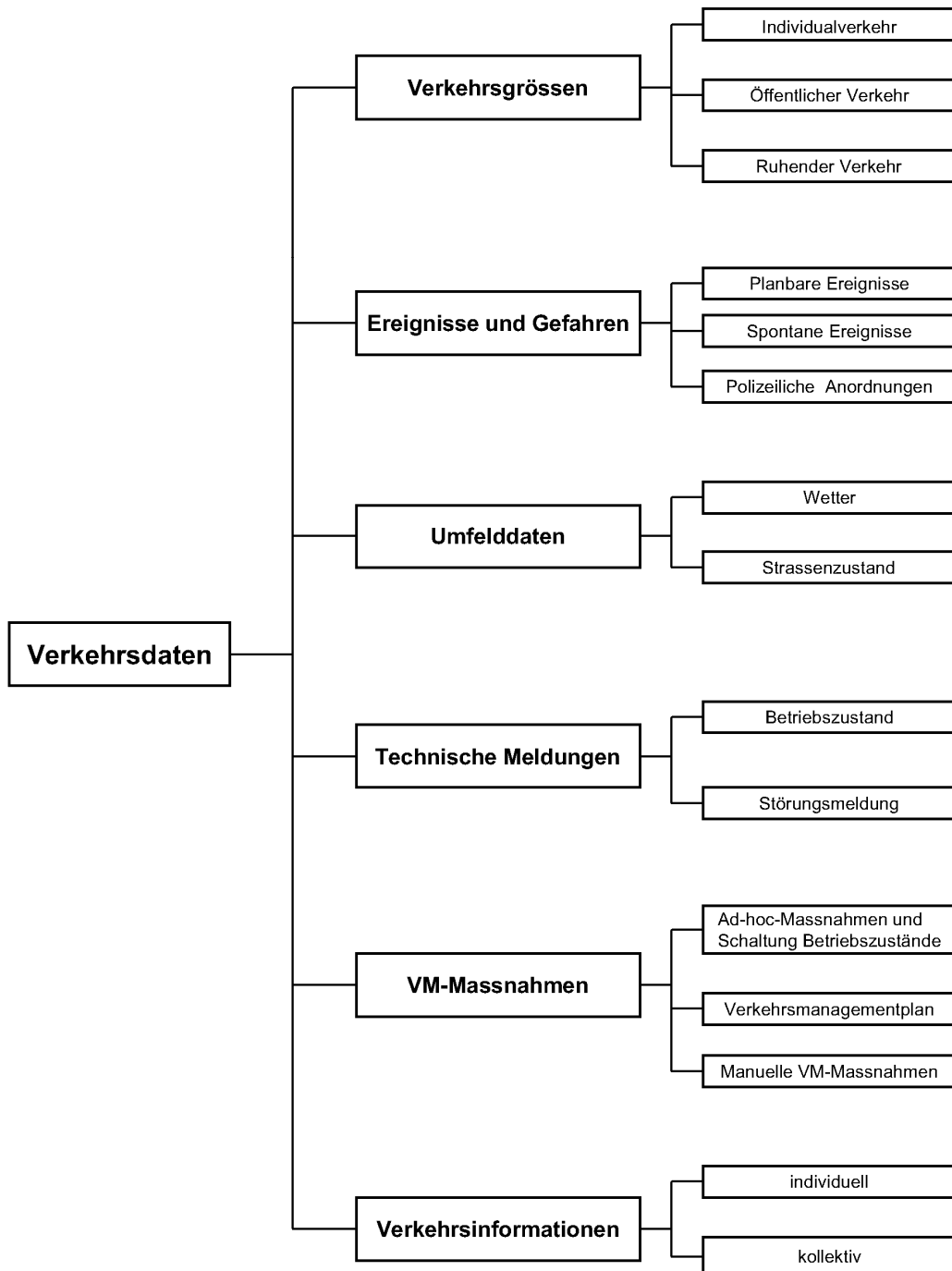
Anhänge

| | | |
|------------|--|-----------|
| I | Inhalte und Eigenschaften von Verkehrsdaten..... | 59 |
| I.1 | Verkehrsdaten | 59 |
| I.2 | Verkehrsgrößen | 60 |
| I.3 | Ereignisse und Gefahren | 61 |
| I.4 | Umfelddaten und Technische Meldungen | 62 |
| I.5 | VM-Massnahmen und Verkehrsinformation..... | 63 |
| I.6 | Eigenschaften der Verkehrsdaten..... | 64 |
| II | Katalog der Verkehrserfassungssysteme | 65 |
| II.1 | Induktionsschleifen (Doppelschleifen) | 65 |
| II.2 | Induktionsschleifen (Einfachsleifen)..... | 66 |
| II.3 | Infrarot..... | 67 |
| II.4 | Laser | 68 |
| II.5 | Ultraschall..... | 69 |
| II.6 | Radar- und Mikrowellen | 70 |
| II.7 | Videokameras mit digitaler Bildauswertung (virtueller Sensor) | 71 |
| II.8 | Schrankenanlagen bei Parkhäusern und Parkplätzen..... | 72 |
| II.9 | Verkehrszählungen von Hand..... | 72 |
| II.10 | Automatische Fahrgastzählung..... | 73 |
| II.11 | Automatic Number Plate Recognition ANPR | 74 |
| II.12 | Wiedererkennung von Bluetooth-ID..... | 75 |
| II.13 | Wiedererkennung von Verstimmungskurven der Induktionsschleifen | 76 |
| II.14 | Rechnergestütztes Betriebsleitsystem (RBL) | 77 |
| II.15 | Betriebsleitsystem Bahnverkehr..... | 78 |
| II.16 | LSVA (TRIPON OBU) | 79 |
| II.17 | Floating Car Data FCD..... | 80 |
| II.18 | Extended Floating Car Data XFCD..... | 81 |
| II.19 | Taxi-FCD | 82 |
| II.20 | Floating Phone Data | 83 |
| II.21 | Luftbilder..... | 84 |
| II.22 | Flugzeuggetragene Radarsysteme SAR | 85 |
| II.23 | Satellitengetragene Radarsysteme SAR | 85 |
| III | Datenkatalog für das Verkehrsmanagement..... | 86 |
| III.1 | Verkehrsstärke | 86 |
| III.2 | Lokale Geschwindigkeit | 87 |
| III.3 | Momentane Geschwindigkeit | 88 |
| III.4 | Abschnittsbezogene Reisezeit..... | 89 |
| III.5 | Abschnittsbezogene Reisegeschwindigkeit..... | 90 |
| III.6 | Komplexe Reisezeit | 91 |
| III.7 | Wartezeit Knotenpunkt..... | 92 |
| III.8 | Zugangszeit..... | 93 |
| III.9 | Abgangszeit..... | 93 |
| III.10 | Übergangszeit | 94 |
| III.11 | Zeitverlust..... | 95 |
| III.12 | Rückstaulänge | 96 |
| III.13 | Verkehrsdichte (Fahrzeugdichte)..... | 97 |
| III.14 | Fussgängerdichte..... | 97 |
| III.15 | Zeitlücke | 98 |
| III.16 | Raumlücke | 99 |
| III.17 | Belegungsdauer | 99 |
| III.18 | Belegungsgrad | 100 |
| III.19 | Kapazität Strasse | 100 |
| III.20 | Kapazität Abfertigungsanlage | 101 |
| III.21 | Auslastungsgrad Strecke | 101 |
| III.22 | Schwerverkehrsanteil | 102 |
| III.23 | Verkehrsqualität | 102 |
| III.24 | Verkehrszustand | 103 |

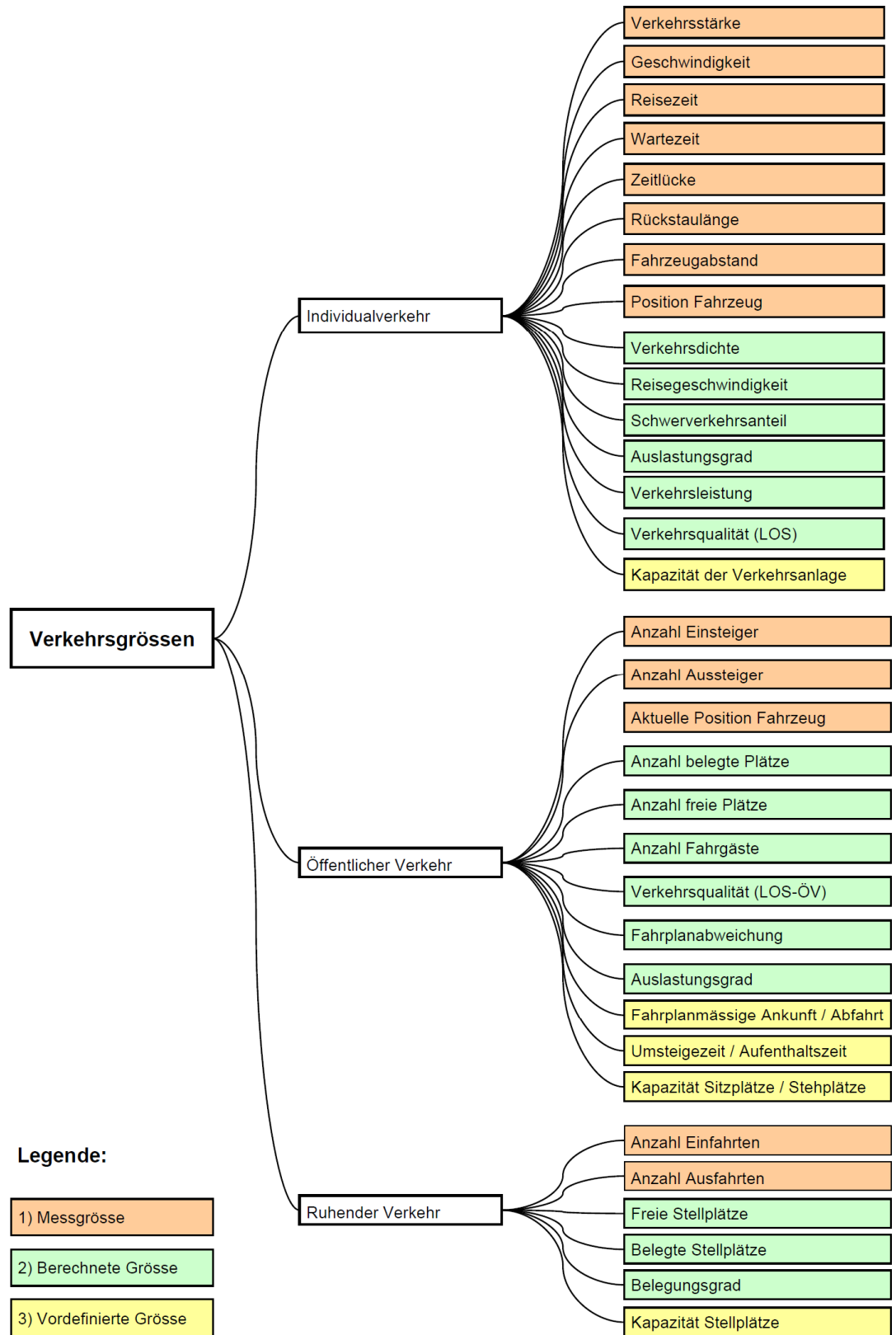
| | | |
|-----------|---|------------|
| III.25 | Verkehrsleistung | 104 |
| III.26 | Kapazität öV..... | 105 |
| III.27 | Anzahl Einsteiger | 105 |
| III.28 | Anzahl Aussteiger | 106 |
| III.29 | Anzahl Fahrgäste..... | 106 |
| III.30 | Auslastungsgrad öV..... | 107 |
| III.31 | Wartezeit Haltestelle | 107 |
| III.32 | Fahrplanabweichung..... | 108 |
| III.33 | Anzahl Einfahrten..... | 108 |
| III.34 | Anzahl Ausfahrten..... | 109 |
| III.35 | Kapazität Stellplätze | 109 |
| III.36 | Anzahl belegte Stellplätze..... | 110 |
| III.37 | Anzahl freie Stellplätze | 110 |
| III.38 | Auslastungsgrad Parkhaus / Parkplatz..... | 111 |
| III.39 | Suchzeit für Abstellplatz..... | 111 |
| IV | Ortsbezug der Verkehrsdaten | 112 |
| IV.1 | Netz für Verkehrsmanagement | 112 |
| IV.2 | Verkehrsgrößen auf der Strecke | 113 |
| IV.3 | Verkehrsgrößen im öV-Liniennetz..... | 114 |
| IV.4 | Verkehrsgrößen in höhengleichen Knotenpunkten | 115 |
| IV.5 | Darstellung von niveaufreien Knotenpunkten | 116 |
| IV.6 | Verkehrsgrößen für den Fussgängerverkehr | 117 |
| V | Darstellung der komplexen Reisezeit | 119 |
| V.1 | Reisezeit im Normalfall | 119 |
| V.2 | Reisezeit aufgrund der tatsächlichen Situation (inkl. Verspätung) | 119 |

I Inhalte und Eigenschaften von Verkehrsdaten

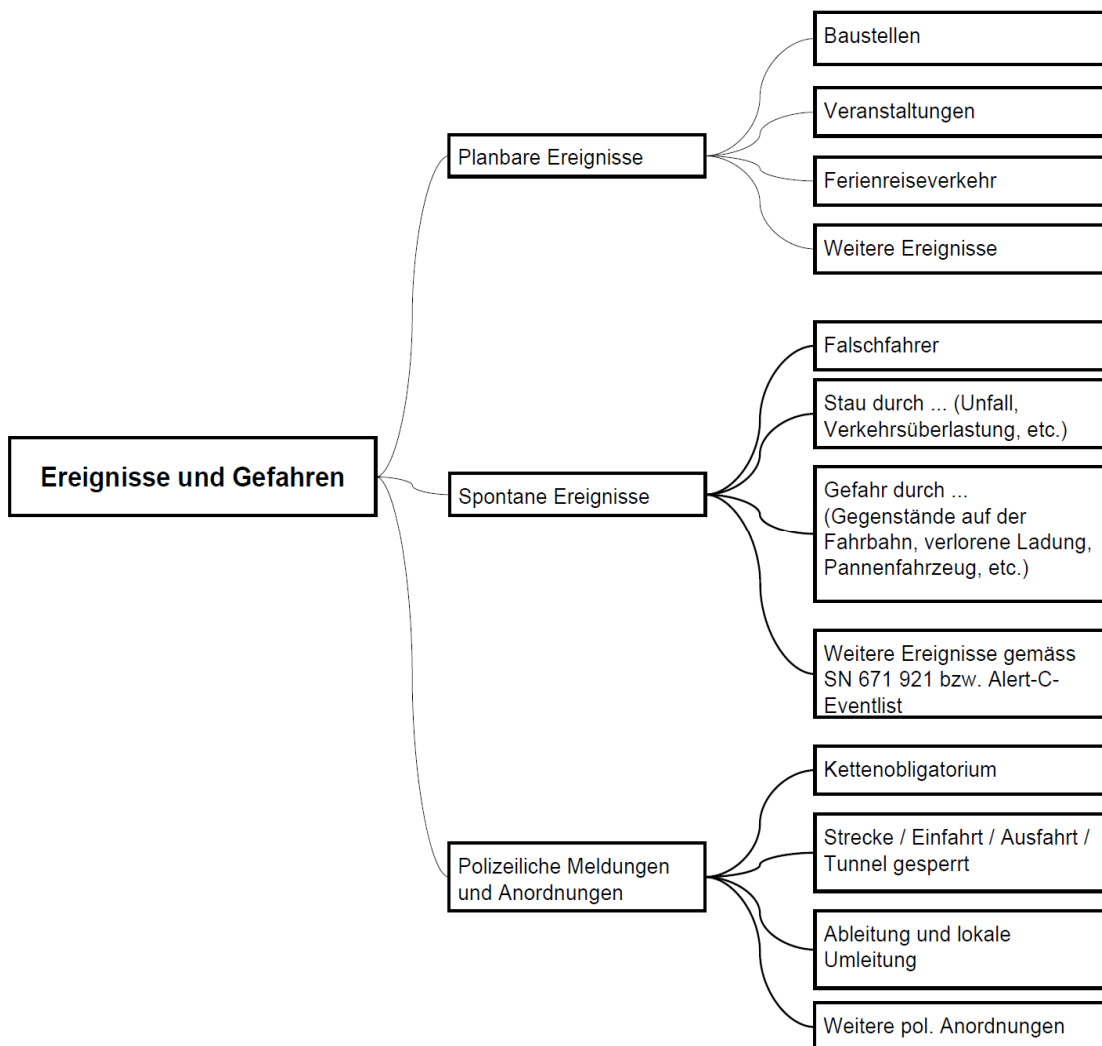
I.1 Verkehrsdaten



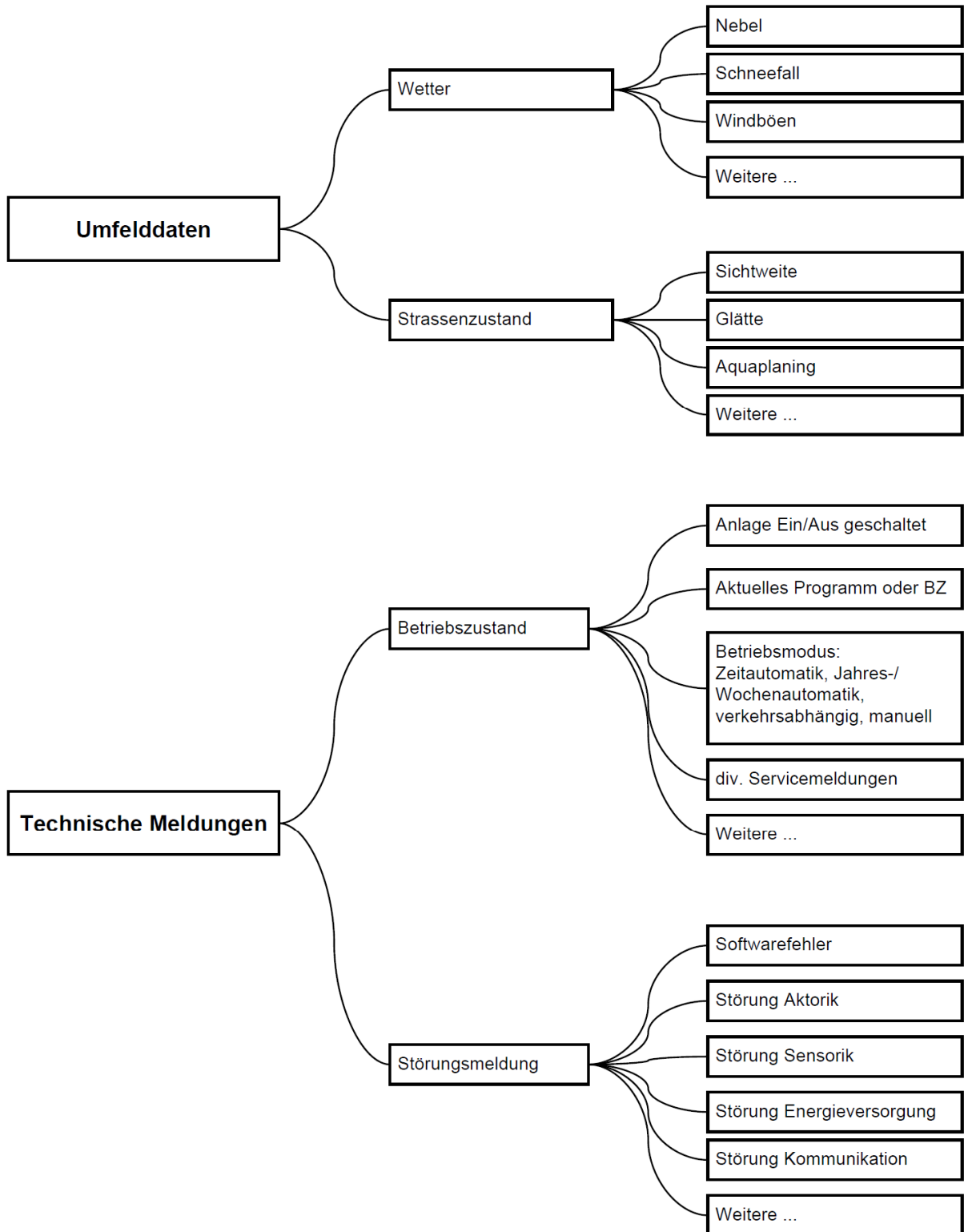
I.2 Verkehrsgrößen



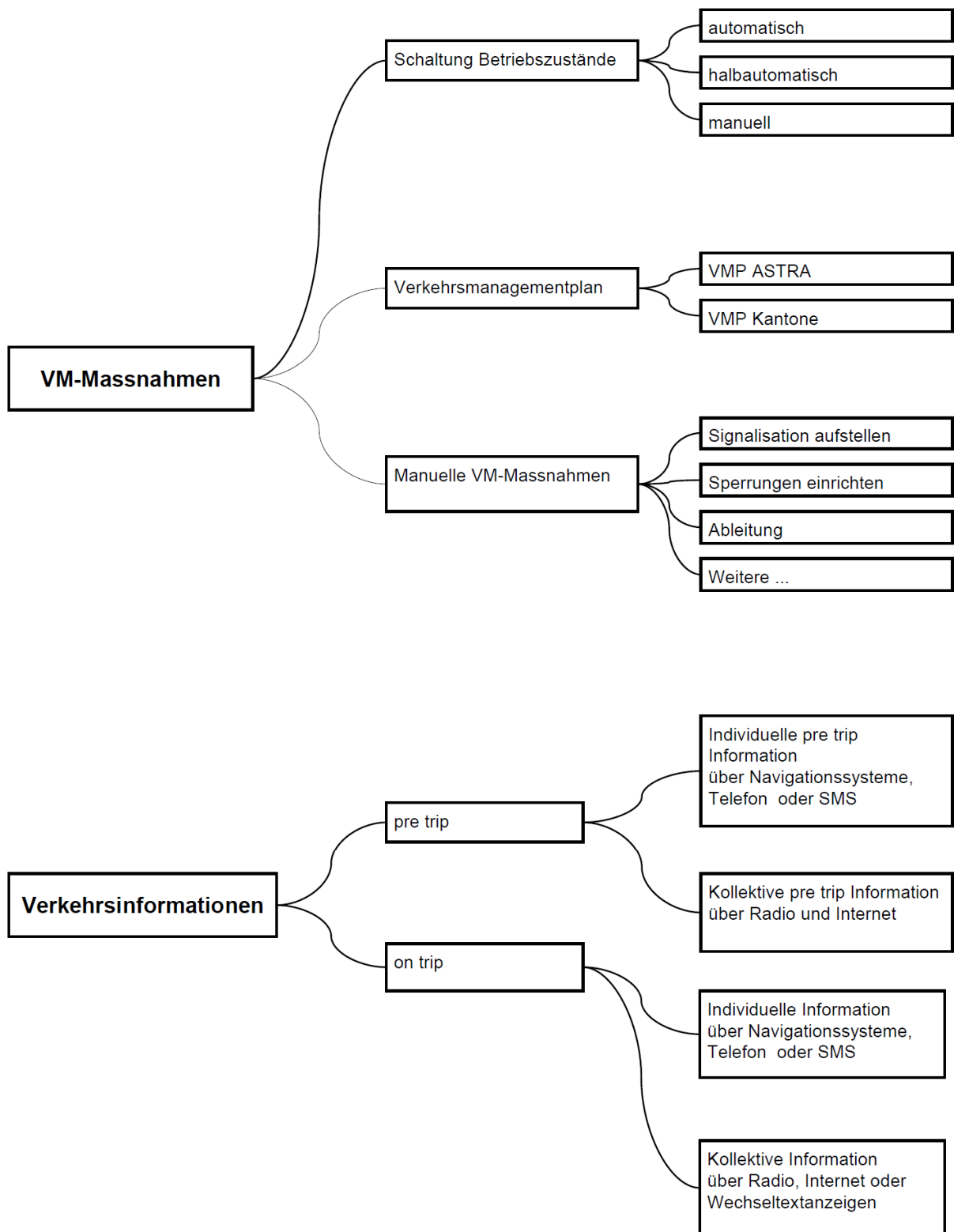
I.3 Ereignisse und Gefahren



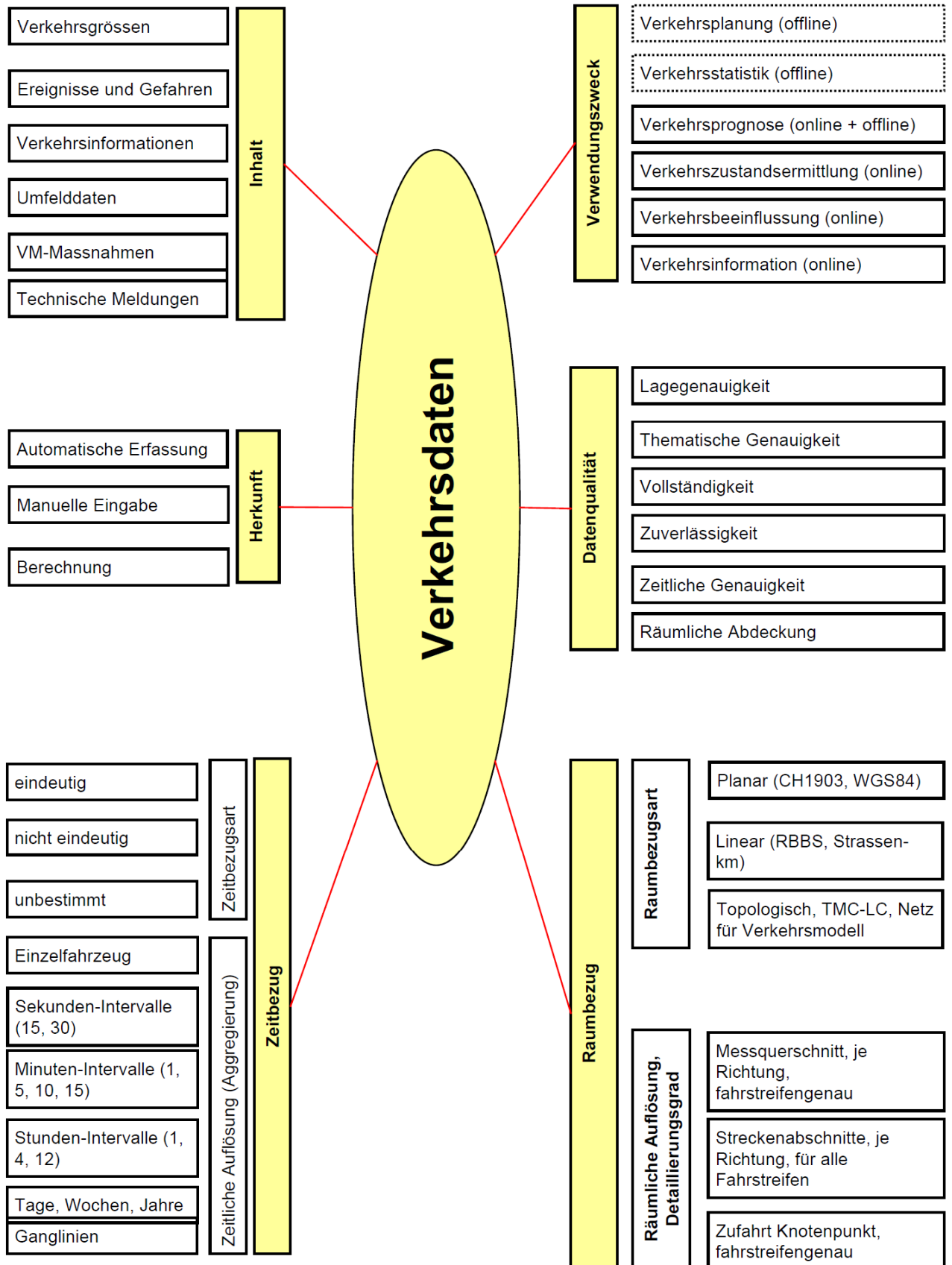
I.4 Umfelddaten und Technische Meldungen



I.5 VM-Massnahmen und Verkehrsinformation



I.6 Eigenschaften der Verkehrsdaten



II Katalog der Verkehrserfassungssysteme

II.1 Induktionsschleifen (Doppelschleifen)

| | |
|--|---|
| Erfassungssystem | Induktionsschleifen (Doppelschleifen) |
| Beobachtungsmethode | Lokale Beobachtung |
| Messgrößen | Zeitlücke [s/Fz] Verkehrsstärke [Fz/h] je Fahrzeugklasse Lokale Geschwindigkeit [km/h] Belegungsdauer [s] |
| Berechnete Größen | Dichte [Fz/km] ($k = q/v$) Belegungsgrad [%] Schwerverkehrsanteil |
| Anwendungsbereich | Verkehrsstatistik (AVZ) Verkehrsbeeinflussungsanlagen VBA Verkehrszustandsermittlung (Online Verkehrslage) |
| Verkehrssystem | Motorisierter Individualverkehr |
| Verkehrsnetz | Hochleistungsstrassen Hauptverkehrsstrassen |
| Fahrzeugklassen | Pw/Lw Swiss7 Swiss10 |
| Datenverfügbarkeit | Je nach Art der Datenanbindung: Für statistische Zwecke 24h Intervall Für Steuerungszwecke und Verkehrslage sofortige (zeitnahe) Datenübertragung möglich |
| Standards und Richtlinien | CH: ASTRA-Richtlinie Verkehrszähler D: TLS |
| Realisierte Projekte | ASTRA-Zählstellen auf Nationalstrassen / Hauptstrassen Erfassungsquerschnitte für Verkehrsbeeinflussungsanlagen auf Hochleistungsstrassen Auf den Hauptverkehrsstrassen verschiedene heterogene Systeme |
| Eignung und Nutzen für das Verkehrsmanagement | Pro: Bewährte und stabile Erfassungstechnik, hohe Messgenauigkeit, jahrzehntelange Erfahrungen liegen vor Contra: nur lokale Daten (q, v), Beschädigung der Fahrbahndecke, für Verkehrslage hohe Messstellendichte erforderlich, Investition in strassenseitige Infrastruktur mit regelmässiger Wartung |
| Bemerkungen | |

II.2 Induktionsschleifen (Einfachschleifen)

| | |
|--|---|
| Erfassungssystem | Induktionsschleifen (Einfachschleifen) |
| Beobachtungsmethode | Lokale Beobachtung |
| Messgrößen | Zeitlücke [s/Fz] Verkehrsstärke [Fz/h] Belegungsdauer [s] |
| Berechnete Größen | Belegungsgrad [%] |
| Anwendungsbereich | Verkehrsabhängige Lichtsignalsteuerung Verkehrszustandsermittlung (Online Verkehrslage) |
| Verkehrssystem | Motorisierter Individualverkehr |
| Verkehrsnetz | Hauptverkehrsstrassen Städtische Strassen |
| Fahrzeugklassen | Pw/Lw |
| Datenverfügbarkeit | Je nach Art der Datenanbindung: Für statistische Zwecke 24h Intervall Für Steuerungszwecke und Verkehrszustand sofortige (zeitnahe) Datenübertragung möglich |
| Standards und Richtlinien | Eine Standardisierung der Verkehrsdaten für LSA-Steuerung ist durch OCIT-Initiative im Gange |
| Realisierte Projekte | Verkehrserfassung im Rahmen der verkehrsabhängigen LSA-Steuerung |
| Eignung und Nutzen für das Verkehrsmanagement | Pro: Bewährte und stabile Erfassungstechnik, hohe Messgenauigkeit, jahrzehntelange Erfahrungen liegen vor Contra: Beschädigung der Fahrbahndecke, für Verkehrslage hohe Messstellendichte erforderlich, Investition in strassenseitige Infrastruktur mit regelmässiger Wartung |
| Bemerkungen | |

II.3 Infrarot

| | |
|--|---|
| Erfassungssystem | Infrarot |
| Beobachtungsmethode | Lokale Beobachtung |
| Messgrössen | Zeitlücke [s/Fz] Verkehrsstärke [Fz/h] Lokale Geschwindigkeit [km/h] Belegungsdauer [s] |
| Berechnete Grössen | Dichte [Fz/km] Belegungsgrad [%] |
| Anwendungsbereich | Verkehrsabhängige Lichtsignalsteuerung Verkehrszustandsermittlung (Online Verkehrslage) |
| Verkehrssystem | Motorisierter Individualverkehr und Langsamverkehr Ruhender Verkehr |
| Verkehrsnetz | Hochleistungsstrassen Hauptverkehrsstrassen Städtische Strassen |
| Fahrzeugklassen | Pw/Lw (anhand Fahrzeuglänge) |
| Datenverfügbarkeit | Je nach Art der Datenanbindung: Für statistische Zwecke 24h Intervall Für Onlinedaten sofortige (zeitnahe) Datenübertragung |
| Standards und Richtlinien | herstellerspezifisch |
| Realisierte Projekte | Vereinzelte Systeme im Rahmen der verkehrsabhängigen Lichtsignalsteuerung Einzelplatzüberwachung in Parkings |
| Eignung und Nutzen für das Verkehrsmanagement | Pro: Kostengünstig, keine Installation in der Fahrbahn, auch Erfassung stehender Objekte/Personen Contra: Messgenauigkeit abhängig von Umgebungsstrahlung und mögl. Verdeckung, Mängel bei der Geschwindigkeitsmessung |
| Bemerkungen | |

II.4 Laser

| | |
|--|--|
| Erfassungssystem | Laser |
| Beobachtungsmethode | Lokale Beobachtung (Laufzeitmessung) |
| Messgrößen | Zeitlücke [s/Fz] Verkehrsstärke [Fz/h] Lokale Geschwindigkeit [km/h] Belegungsdauer [s] |
| Berechnete Größen | Dichte [Fz/km] Belegungsgrad [%] |
| Anwendungsbereich | Mobile und stationäre Verkehrszählungen Geschwindigkeitskontrolle Verkehrabhängige Lichtsignalsteuerung |
| Verkehrssystem | Motorisierter Individualverkehr |
| Verkehrsnetz | Hochleistungsstrassen Hauptverkehrsstrassen Städtische Strassen |
| Fahrzeugklassen | Erkennung verschiedener Fahrzeugklassen anhand Fahrzeugprofil |
| Datenverfügbarkeit | Je nach Art der Datenanbindung: Für statistische Zwecke 24h Intervall Für Onlinedaten sofortige (zeitnahe) Datenübertragung |
| Standards und Richtlinien | herstellerspezifisch |
| Realisierte Projekte | Vereinzelte Systeme im Einsatz |
| Eignung und Nutzen für das Verkehrsmanagement | Pro: keine Installation in der Fahrbahn, sehr gute Fahrzeugklassifizierung möglich Contra: Messgenauigkeit abhängig von mögl. Verdeckung, Probleme bei Erfassung langsamer oder stehender Fahrzeuge |
| Bemerkungen | |

II.5 Ultraschall

| | |
|--|--|
| Erfassungssystem | Ultraschall |
| Beobachtungsmethode | Lokale Beobachtung (Laufzeitmessung) |
| Messgrößen | Zeitlücke [s/Fz] Verkehrsstärke [Fz/h] Lokale Geschwindigkeit [km/h] Belegungsdauer [s] |
| Berechnete Grössen | Dichte [Fz/km] Belegungsgrad [%] |
| Anwendungsbereich | Mobile und stationäre Verkehrszählungen Geschwindigkeitskontrolle Verkehrabhängige Lichtsignalsteuerung |
| Verkehrssystem | Motorisierter Individualverkehr |
| Verkehrsnetz | Hochleistungsstrassen Hauptverkehrsstrassen Städtische Strassen |
| Fahrzeugklassen | Pw/Lw |
| Datenverfügbarkeit | Je nach Art der Datenanbindung: Für statistische Zwecke 24h Intervall Für Onlinedaten sofortige (zeitnahe) Datenübertragung |
| Standards und Richtlinien | herstellerspezifisch |
| Realisierte Projekte | Vereinzelte Systeme im Einsatz |
| Eignung und Nutzen für das Verkehrsmanagement | Pro: keine Installation in der Fahrbahn, präzise Geschwindigkeitsmessung Contra: Messgenauigkeit abhängig von mögl. Verdeckung, Probleme bei Erfassung langsamer oder stehender Fahrzeuge |
| Bemerkungen | |

II.6 Radar- und Mikrowellen

| | |
|--|--|
| Erfassungssystem | Radar- und Mikrowellen |
| Beobachtungsmethode | Lokale Beobachtung (Laufzeitmessung) |
| Messgrößen | Zeitlücke [s/Fz] Verkehrsstärke [Fz/h] Lokale Geschwindigkeit [km/h] Belegungsdauer [s] |
| Berechnete Größen | Dichte [Fz/km] Belegungsgrad [%] |
| Anwendungsbereich | Mobile und stationäre Verkehrszählungen Geschwindigkeitskontrolle Verkehrsabhängige Lichtsignalsteuerung |
| Verkehrssystem | Motorisierter Individualverkehr |
| Verkehrsnetz | Hochleistungsstrassen Hauptverkehrsstrassen Städtische Strassen |
| Fahrzeugklassen | Pw/Lw |
| Datenverfügbarkeit | Je nach Art der Datenanbindung: Für statistische Zwecke 24h Intervall Für Onlinedaten sofortige (zeitnahe) Datenübertragung |
| Standards und Richtlinien | herstellerspezifisch |
| Realisierte Projekte | Vereinzelte Systeme im Einsatz |
| Eignung und Nutzen für das Verkehrsmanagement | Pro: keine Installation in der Fahrbahn, präzise Geschwindigkeitsmessung Contra: Messgenauigkeit abhängig von mögl. Verdeckung, Probleme bei Erfassung langsamer oder stehender Fahrzeuge |
| Bemerkungen | |

II.7 Videokameras mit digitaler Bildauswertung (virtueller Sensor)

| | |
|--|---|
| Erfassungssystem | Videokameras mit digitaler Bildauswertung (virtueller Sensor) |
| Beobachtungsmethode | Lokale Beobachtung |
| Messgrößen | Zeitlücke [s/Fz] Verkehrsstärke [Fz/h] Lokale Geschwindigkeit [km/h] Belegungsdauer [s] |
| Berechnete Größen | Dichte [Fz/km] Belegungsgrad [%] |
| Anwendungsbereich | Verkehrsabhängige Lichtsignalsteuerung Verkehrszustandsermittlung (Online Verkehrslage) Mobile und stationäre Verkehrszählungen |
| Verkehrssystem | Motorisierter Individualverkehr |
| Verkehrsnetz | Hochleistungsstrassen Hauptverkehrsstrassen Städtische Strassen |
| Fahrzeugklassen | Pw/Lw (anhand Fahrzeuglänge) |
| Datenverfügbarkeit | Je nach Art der Datenanbindung: Für statistische Zwecke 24h Intervall Für Onlinedaten sofortige (zeitnahe) Datenübertragung |
| Standards und Richtlinien | herstellerspezifisch |
| Realisierte Projekte | Vereinzelte Systeme im Einsatz z.B. Bautellenmanagement im Abschnitt A1 Morges - Ecublens (2009) |
| Eignung und Nutzen für das Verkehrsmanagement | Pro: keine Installation in der Fahrbahn, nachträgliche Bildauswertung möglich Contra: Messgenauigkeit stark abhängig von Standort, Lichtverhältnissen und Witterungsbedingungen, Fahrzeugklassifizierung problematisch |
| Bemerkungen | |

II.8 Schrankenanlagen bei Parkhäusern und Parkplätzen

| | |
|--|---|
| Erfassungssystem | Schrankenanlagen bei Parkhäusern und Parkplätzen |
| Beobachtungsmethode | Lokale Beobachtung |
| Messgrössen | Zeitlücke [s/Fz] Verkehrsstärke [Fz/h] (Ein-/Ausfahrten) |
| Berechnete Grössen | Anzahl freie/belegte Stellplätze Auslastungsgrad [%] |
| Anwendungsbereich | Aktuelle Verkehrslage Parkraumbewirtschaftung Statistik |
| Verkehrssystem | Ruhender Verkehr |
| Verkehrsnetz | Städtische Strassen |
| Fahrzeugklassen | keine |
| Datenverfügbarkeit | Zeitnahe Datenübertragung an PLS |
| Standards und Richtlinien | herstellerspezifisch |
| Realisierte Projekte | Jede grössere Stadt |
| Eignung und Nutzen für das Verkehrsmanagement | Datenquelle für Parkleitsysteme |
| Bemerkungen | |

II.9 Verkehrszählungen von Hand

| | |
|--|--|
| Erfassungssystem | Verkehrszählungen von Hand |
| Beobachtungsmethode | Lokale Beobachtung |
| Messgrössen | Verkehrsstärke [Fz/h] |
| Berechnete Grössen | Knotenströme Schwerverkehrsanteil |
| Anwendungsbereich | Fahrzeugdisposition (online) |
| Verkehrssystem | Motorisierter Individualverkehr und Langsamverkehr |
| Verkehrsnetz | HVS, städtische Strassen |
| Fahrzeugklassen | Beliebige Klasseneinteilung aufgrund optischer Kriterien |
| Datenverfügbarkeit | Datenverfügbarkeit erst nach Auswertung |
| Standards und Richtlinien | projektspezifisch |
| Realisierte Projekte | |
| Eignung und Nutzen für das Verkehrsmanagement | Keine Anwendung im VM, stichprobenartige Erhebung zu Planungszwecken |
| Bemerkungen | |

II.10 Automatische Fahrgastzählung

| | |
|--|--|
| Erfassungssystem | Automatische Fahrgastzählung |
| Beobachtungsmethode | Lokale Beobachtung |
| Messgrößen | Anzahl ein- und aussteigende Fahrgäste |
| Berechnete Grössen | Auslastung Kurs Auslastung Linie |
| Anwendungsbereich | Verkehrsstatistik (offline) Angebotsplanung (offline) Fahrzeugdisposition (online) |
| Verkehrssystem | Öffentlicher (Nah)Verkehr |
| Verkehrsnetz | öV |
| Fahrzeugklassen | |
| Datenverfügbarkeit | Je nach Art der Datenanbindung online oder offline |
| Standards und Richtlinien | herstellerspezifisch |
| Realisierte Projekte | Diverse Verkehrsbetriebe in der Schweiz, z.B. Bernmobil |
| Eignung und Nutzen für das Verkehrsmanagement | Überwiegend für planerische Zwecke |
| Bemerkungen | |

II.11 Automatic Number Plate Recognition ANPR

| | |
|--|--|
| Erfassungssystem | Automatic Number Plate Recognition ANPR |
| Beobachtungsmethode | Streckenbezogene Beobachtung durch Vergleich von zwei lokalen Beobachtungen |
| Messgrößen | Reisezeit Messstrecke [s] für Einzelfahrzeug oder Mittelwert Anzahl Fahrzeuge [Fz/h] Anzahl wiedererkannte Fahrzeuge [Fz/h] |
| Berechnete Größen | Abschnittsbezogene Reisegeschwindigkeit Erkennungsrate |
| Anwendungsbereich | Verkehrsüberwachung Fahrzeugverfolgung Verkehrslage Ereigniserkennung |
| Verkehrssystem | Motorisierter Individualverkehr |
| Verkehrsnetz | Hochleistungsstrassen Hauptverkehrsstrassen |
| Fahrzeugklassen | keine |
| Datenverfügbarkeit | Zeitnahe Datenübertragung und Verfügbarkeit |
| Standards und Richtlinien | herstellerspezifisch |
| Realisierte Projekte | GB und A: Flächendeckender Einsatz für Geschwindigkeitskontrolle. In London Einsatz für City-Maut. CH: Ereignisdetektion Belchentunnel (bestehend), Pilot Section Control |
| Eignung und Nutzen für das Verkehrsmanagement | Pro: Präzise Ermittlung der abschnittsbezogenen Reisegeschwindigkeit mit guter Wiedererkennungsrate, keine Installation in der Fahrbahn erforderlich, für Ereignisdetektion einsetzbar. Contra: Relativ teuer und aufwändig bei flächendeckender Ausrüstung. Weitverbreitete (aber unbegründete) Vorbehalte wegen Datenschutz |
| Bemerkungen | |

II.12 Wiedererkennung von Bluetooth-ID

| | |
|--|--|
| Erfassungssystem | Wiedererkennung von Bluetooth-ID |
| Beobachtungsmethode | Streckenbezogene Beobachtung durch Vergleich von zwei lokalen Beobachtungen |
| Messgrößen | Anzahl wiedererkannte Bluetooth-ID's Reisezeit Messstrecke [s] für Einzelfahrzeug oder Mittelwert |
| Berechnete Größen | Wiedererkennungsrate |
| Anwendungsbereich | Verkehrslage |
| Verkehrssystem | Motorisierter Individualverkehr |
| Verkehrsnetz | Hochleistungsstrassen Hauptverkehrsstrassen |
| Fahrzeugklassen | keine |
| Datenverfügbarkeit | Zeitnahe Datenübertragung und Verfügbarkeit |
| Standards und Richtlinien | herstellerspezifisch |
| Realisierte Projekte | A: Wien, Graz D: Autobahndirektion Nordbayern (Teststrecke) |
| Eignung und Nutzen für das Verkehrsmanagement | Pro: Kostengünstige Möglichkeit zur stichprobenartigen Erhebung von abschnittsbezogenen Reisezeiten und Knotenströmen Contra: Fehlerrate, Störanfälligkeit, für operatives VM nur bedingt geeignet. |
| Bemerkungen | |

II.13 Wiedererkennung von Verstimmungskurven der Induktionsschleifen

| | |
|--|---|
| Erfassungssystem | Wiedererkennung von Verstimmungskurven der Induktionsschleifen |
| Beobachtungsmethode | Streckenbezogene Beobachtung durch Vergleich von zwei lokalen Beobachtungen |
| Messgrössen | Verkehrsstärke [Fz/h] Anzahl wiedererkannte Fahrzeuggruppen |
| Berechnete Grössen | Reisezeit für Fahrzeuggruppe Wiedererkennungsrate |
| Anwendungsbereich | Verkehrslage |
| Verkehrssystem | Motorisierter Individualverkehr |
| Verkehrsnetz | Hochleistungsstrassen Hauptverkehrsstrassen |
| Fahrzeugklassen | wie Induktionsschleifen |
| Datenverfügbarkeit | Zeitnahe Datenübertragung und Verfügbarkeit |
| Standards und Richtlinien | herstellerspezifisch |
| Realisierte Projekte | D: A8 SBA Dornstadt CH: VBS Grauholz (ausser Betrieb) |
| Eignung und Nutzen für das Verkehrsmanagement | Pro: Stabile Erfassungsmethode, gute Genauigkeit bei der abschnittsbezogenen Reisezeit des Fahrzeugkollektivs, bestehende Schleifen (nach TLS Standard) können verwendet werden. Contra: Beschädigung der Fahrbahndecke bei Schleifenverlegung, relativ hohe Investition in strassenseitige Infrastruktur, regelmässige Wartung erforderlich |
| Bemerkungen | |

II.14 Rechnergestütztes Betriebsleitsystem (RBL)

| | |
|--|---|
| Erfassungssystem | Rechnergestütztes Betriebsleitsystem (RBL) |
| Beobachtungsmethode | Bewegte streckenbezogene Beobachtung mithilfe von Meldepunkten |
| Messgrößen | Fahrzeugposition Zeit Fahrzeugstatus |
| Berechnete Größen | Reisezeit zwischen Meldepunkten Abweichung vom Fahrplan |
| Anwendungsbereich | Betriebsleitung Fahrgastinformation Fahrzeugdisposition |
| Verkehrssystem | Öffentlicher (Nah)Verkehr |
| Verkehrsnetz | Städtische Strassen |
| Fahrzeugklassen | Bus oder Tram |
| Datenverfügbarkeit | Zeitnahe Datenübertragung und Verfügbarkeit |
| Standards und Richtlinien | herstellerspezifisch |
| Realisierte Projekte | Theoretisch in jeder Stadt nutzbar Diverse praktische Versuche im Rahmen von VM2010 (D) |
| Eignung und Nutzen für das Verkehrsmanagement | Das VM erhält Informationen des öffentlichen Nahverkehrs: Fahrplanabweichung, Fahrzeugeinsatz, Störungen |
| Bemerkungen | |

II.15 Betriebsleitsystem Bahnverkehr

| | |
|--|---|
| Erfassungssystem | Betriebsleitsystem Bahnverkehr |
| Beobachtungsmethode | Bewegte streckenbezogene Beobachtung |
| Messgrößen | Fahrzeugposition Zeit |
| Berechnete Größen | Reisezeit zwischen Meldepunkten Abweichung vom Fahrplan |
| Anwendungsbereich | Betriebsleitung Fahrgastinformation Fahrzeugdisposition |
| Verkehrssystem | Öffentlicher (Fern)Verkehr |
| Verkehrsnetz | Nationales Schienennetz |
| Fahrzeugklassen | Eisenbahn |
| Datenverfügbarkeit | Zeitnahe Datenübertragung und Verfügbarkeit |
| Standards und Richtlinien | ETCS im Aufbau |
| Realisierte Projekte | Alle Bahnstrecken mit "Fahrt nach Signalen" gem. EBG |
| Eignung und Nutzen für das Verkehrsmanagement | Das VM erhält Informationen des schienengebundenen Fernverkehrs: Fahrplanabweichung, Fahrzeugeinsatz, Störungen |
| Bemerkungen | |

II.16 LSVA (TRIPON OBU)

| | |
|--|---|
| Erfassungssystem | LSVA (TRIPON OBU) |
| Beobachtungsmethode | Bewegte streckenbezogene Beobachtung |
| Messgrössen | Fahrzeugposition (GPS) Zeit Fahrzeugstatus |
| Berechnete Grössen | Reisezeit zwischen Bezugspunkten Mittlere Reisegeschwindigkeit auf einem Streckenabschnitt |
| Anwendungsbereich | Erhebung der Schwerverkehrsabgabe |
| Verkehrssystem | Güterverkehr Strasse |
| Verkehrsnetz | Hochleistungsstrassen, Hauptverkehrsstrassen |
| Fahrzeugklassen | Fahrzeuge mit LSVA On-Board-Unit |
| Datenverfügbarkeit | Zeitnahe Datenübertragung und Verfügbarkeit an die dafür vorgesehenen Stellen |
| Standards und Richtlinien | Spezifikation gemäss Vorgaben LSVA |
| Realisierte Projekte | Leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe Schweiz |
| Eignung und Nutzen für das Verkehrsmanagement | Pro: Bestehendes System, die meisten Fahrzeuge > 3.5 To sind damit ausgerüstet, Reisezeitermittlung grundsätzlich möglich. Contra: System für Gebührenerhebung, daher Mehrfachnutzung aus rechtlicher Sicht fraglich, möglicherweise ungenügende Repräsentativität für Gesamtverkehr |
| Bemerkungen | |

II.17 Floating Car Data FCD

| | |
|--|---|
| Erfassungssystem | Floating Car Data FCD |
| Beobachtungsmethode | Bewegte streckenbezogene Beobachtung |
| Messgrößen | Fahrzeugposition (GPS) Zeit |
| Berechnete Größen | Reisezeit zwischen Bezugspunkten Mittlere Reisegeschwindigkeit auf einem Streckenabschnitt |
| Anwendungsbereich | Flächendeckende Verkehrslage für Verkehrsmanagement Verkehrslage im Rahmen von Navigationsdiensten |
| Verkehrssystem | Motorisierter Individualverkehr |
| Verkehrsnetz | Hochleistungsstrassen Hauptverkehrsstrassen Städtische Strassen |
| Fahrzeugklassen | keine |
| Datenverfügbarkeit | Zeitnahe Datenübertragung über Mobilfunk |
| Standards und Richtlinien | herstellerspezifisch |
| Realisierte Projekte | Technologie abhängig vom jeweiligen Serviceanbieter: CH, D, F, GB, NL, B, I: TomTom HD Traffic D: Tegarom, T-Systems, DDG |
| Eignung und Nutzen für das Verkehrsmanagement | Pro: Flächendeckende Erfassung von Reisezeiten und Reisegeschwindigkeiten, keine strassenseitige Installation erforderlich Contra: Nur auf Autobahnen ausreichender Stichprobenumfang, im untergeordneten Netz schlechte Datenlage, falsches Map-Matching durch Verschattung |
| Bemerkungen | |

II.18 Extended Floating Car Data XFC

| | |
|--|---|
| Erfassungssystem | Extended Floating Car Data XFC |
| Beobachtungsmethode | Bewegte streckenbezogene Beobachtung |
| Messgrössen | Fahrzeugposition (GPS) Zeit Umfelddaten Fahrzeugdaten |
| Berechnete Grössen | Reisezeit zwischen Bezugspunkten Mittlere Reisegeschwindigkeit auf einem Streckenabschnitt |
| Anwendungsbereich | Fahrzeug- und herstellerabhängiger Kundenservice Verkehrslage (als Abfallprodukt) |
| Verkehrssystem | Motorisierter Individualverkehr |
| Verkehrsnetz | Hochleistungsstrassen Hauptverkehrsstrassen Städtische Strassen |
| Fahrzeugklassen | keine |
| Datenverfügbarkeit | Zeitnahe Datenübertragung über Mobilfunk |
| Standards und Richtlinien | herstellerspezifisch |
| Realisierte Projekte | Herstellerspezifisch, in D: BMW-Info I: Octotelematics |
| Eignung und Nutzen für das Verkehrsmanagement | Pro: Flächendeckende Erfassung von Reisezeiten und Reisegeschwindigkeiten, keine strassenseitige Installation erforderlich, Ortung (im Vergleich zu FPD) einigermaßen präzise. Contra: Nur auf Autobahnen ausreichender Stichprobenumfang, im untergeordneten Netz schlechte Datenlage, falsches Map-Matching durch Verschattung |
| Bemerkungen | |

II.19 Taxi-FCD

| | |
|--|--|
| Erfassungssystem | Taxi-FCD |
| Beobachtungsmethode | Bewegte streckenbezogene Beobachtung |
| Messgrößen | Fahrzeugposition Zeit Fahrzeugstatus |
| Berechnete Größen | Reisezeit zwischen Bezugspunkten Mittlere Reisegeschwindigkeit auf einem Streckenabschnitt |
| Anwendungsbereich | Flottenmanagement, Fahrzeugdisposition Verkehrslage (als Abfallprodukt) |
| Verkehrssystem | Motorisierter Individualverkehr |
| Verkehrsnetz | Städtische Strassen |
| Fahrzeugklassen | Taxi |
| Datenverfügbarkeit | Zeitnahe Datenübertragung über Taxifunk-Kanal |
| Standards und Richtlinien | herstellerspezifisch |
| Realisierte Projekte | D: Berlin, München, Stuttgart, Nürnberg und weitere Städte in Kooperation mit dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt China: TAX-FCD Projekt mit 10'000 Taxen im Aufbau |
| Eignung und Nutzen für das Verkehrsmanagement | Pro: In städtischen Gebieten flächendeckende Erfassung von Reisezeiten und Reisegeschwindigkeiten, keine strassenseitige Installation erforderlich, Kommunikation über Taxifunk, geringe Kosten für Strassenbetreiber da Mehrfachnutzung immer gegeben. Contra: Stichprobenumfang häufig zu gering, ausserhalb von Städten meist nicht brauchbar, Taxen sind nicht für Gesamtverkehr repräsentativ und umfahren bekannte Staus. |
| Bemerkungen | |

II.20 Floating Phone Data

| | |
|--|--|
| Erfassungssystem | Floating Phone Data |
| Beobachtungsmethode | Bewegte streckenbezogene Beobachtung |
| Messgrössen | Fahrzeugposition (Funkzellen) Zeit |
| Berechnete Grössen | Reisezeit zwischen Meldepunkten Mittlere Reisegeschwindigkeit auf einem Streckenabschnitt |
| Anwendungsbereich | Flächendeckende Verkehrslage für Verkehrsmanagement Verkehrslage im Rahmen von Navigationsdiensten |
| Verkehrssystem | Motorisierter Individualverkehr |
| Verkehrsnetz | Hochleistungsstrassen Hauptverkehrsstrassen |
| Fahrzeugklassen | keine |
| Datenverfügbarkeit | Zeitnahe Datenverfügbarkeit über Mobilfunk |
| Standards und Richtlinien | herstellerspezifisch |
| Realisierte Projekte | In B, CH, D, F, GB, NL, I: TomTom HD Traffic seit 2008 verfügbar NL + FIN: Pilotprojekte 2005 D: Forschungsprojekte DoIT und Traffic-Online (2005-2008) |
| Eignung und Nutzen für das Verkehrsmanagement | Pro: Flächendeckende Erfassung von Reisezeiten und Reisegeschwindigkeiten, keine strassenseitige Installation erforderlich, grundsätzlich sehr hoher Stichprobenumfang Contra: In städtischen Netzen fehlerhaftes Map-Matching, bei langsamen Geschwindigkeiten ungenau, da Funkzellen zu gross |
| Bemerkungen | |

II.21 Luftbilder

| | |
|--|---|
| Erfassungssystem | Luftbilder |
| Beobachtungsmethode | Momentane Beobachtung |
| Messgrößen | Bildinformationen |
| Berechnete Größen | Verkehrsdichte durch digitale Bildauswertung |
| Anwendungsbereich | Flächendeckende Verkehrslage für Verkehrsmanagement und Verkehrsplanung |
| Verkehrssystem | Motorisierter Individualverkehr |
| Verkehrsnetz | Hochleistungsstrassen Hauptverkehrsstrassen |
| Fahrzeugklassen | |
| Datenverfügbarkeit | On- und Offline Auswertung möglich |
| Standards und Richtlinien | Projektspezifisch |
| Realisierte Projekte | D: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt DLR, Pilotprojekte zur luftgestützten Verkehrserfassung SOCCER, Versuch im Rahmen der WM 2006 in Köln, Stuttgart, München und Berlin zur Verkehrserfassung mit Helikoptern, Flugzeugen und Luftschiffen, AN TAR |
| Eignung und Nutzen für das Verkehrsmanagement | Für eine Beurteilung liegen zu wenige Erfahrungen vor. |
| Bemerkungen | http://www.dlr.de/desktopdefault.aspx/tabid-1296/ |

II.22 Flugzeuggetragene Radarsysteme SAR

| | |
|--|---|
| Erfassungssystem | Flugzeuggetragene Radarsysteme SAR |
| Beobachtungsmethode | Momentane Beobachtung |
| Messgrößen | Bildinformationen |
| Berechnete Größen | Verkehrsdichte und Geschwindigkeit durch digitale Bildauswertung |
| Anwendungsbereich | Flächendeckende Verkehrslage für Verkehrsmanagement und Verkehrsplanung |
| Verkehrssystem | Motorisierter Individualverkehr |
| Verkehrsnetz | Hochleistungsstrassen Hauptverkehrsstrassen |
| Fahrzeugklassen | |
| Datenverfügbarkeit | On- und Offline Auswertung möglich |
| Standards und Richtlinien | Projektspezifisch |
| Realisierte Projekte | D: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Forschung zur luftgestützten Verkehrserfassung mittels Radar (F-SAR) |
| Eignung und Nutzen für das Verkehrsmanagement | Für eine Beurteilung liegen zu wenige Erfahrungen vor. |
| Bemerkungen | http://www.dlr.de/hr/desktopdefault.aspx/tabid-2461/admin-1/3724_read-5629/ |

II.23 Satellitengetragene Radarsysteme SAR

| | |
|--|---|
| Erfassungssystem | Satellitengetragene Radarsysteme SAR |
| Beobachtungsmethode | Momentane Beobachtung |
| Messgrößen | Bildinformationen |
| Berechnete Größen | Verkehrsdichte und Geschwindigkeit durch digitale Bildauswertung |
| Anwendungsbereich | Flächendeckende Verkehrslage für Verkehrsmanagement und Verkehrsplanung |
| Verkehrssystem | Motorisierter Individualverkehr |
| Verkehrsnetz | Hochleistungsstrassen Hauptverkehrsstrassen |
| Fahrzeugklassen | |
| Datenverfügbarkeit | On- und Offline Auswertung möglich |
| Standards und Richtlinien | Projektspezifisch |
| Realisierte Projekte | D: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (X-SAR, TRAMRAD, RAVE) |
| Eignung und Nutzen für das Verkehrsmanagement | Für eine Beurteilung liegen zu wenige Erfahrungen vor. |
| Bemerkungen | http://www.dlr.de/hr/desktopdefault.aspx/tabid-2461/3724_read-8217/ |

III Datenkatalog für das Verkehrsmanagement

III.1 Verkehrsstärke

| | | |
|---------------------------------|---|---|
| Bezeichnung | Verkehrsstärke | |
| Abkürzung / Einheit | q | Fz/h, PW-E/h |
| Beschreibung Dateninhalt | Anzahl Fahrzeuge oder Personen, die innerhalb des Beobachtungszeitraums T den Messquerschnitt x_0 passieren. | |
| Verwendungszweck VM | Verkehrsbeeinflussung (Lenken, Leiten, Steuern) Verkehrszustand und Prognose | |
| Datenherkunft | Ortsfeste Messstellen: Schleifen, Video, Infrarot, etc. | |
| Verkehrssystem | Gesamtverkehr, Strassenverkehr | |
| Zeitbezugsart | Nicht eindeutig: Mittelwert für Beobachtungsintervall Unbestimmt: Werte einer Tagesganglinie | |
| Aggregierungsintervall | 1 Minute für Verkehrssteuerung und Verkehrsbeeinflussungsanlagen 5 Minuten für Verkehrslage, Prognose und Lenkungsmaßnahmen 1 Stunde für Statistik | |
| Raumbezug | Linear: Messquerschnitt auf Strassenachse, Fahrbahnquerschnitt, aufgeteilt nach Fahrstreifen und Fahrtrichtung Topologisch: Streckenabschnitt zwischen zwei Netzknoten, in Fahrtrichtung | |
| Metadaten | Lage der Messstelle Anfang und Ende des Beobachtungsintervalls Fahrzeugklassen Statistikfunktion Mittelwert und Standardabweichung Zeitaspekt der Statistikfunktion (ZAS) | |
| Datenqualität | Thematische Genauigkeit | Gemäss ASTRA Richtlinie Verkehrszähler |
| | Zeitliche Genauigkeit | Gemäss ASTRA Richtlinie Verkehrszähler |
| | Lagegenauigkeit | Im Bereich von Knotenpunkten fahrstreifenfein Auf HLS Aus- und Einfahrtsrampen sowie Stammlinie zwischen Aus- und Einfahrt separat |
| | Aktualität | Der Zeitbedarf für Datenverarbeitung und Datenübertragung darf nicht grösser sein als das Beobachtungsintervall. |
| | Vollständigkeit | Gemäss ASTRA Richtlinie Verkehrszähler |
| Bemerkungen | | |

III.2 Lokale Geschwindigkeit

| | | |
|---------------------------------|--------------------------------|---|
| Bezeichnung | | Lokale Geschwindigkeit |
| Abkürzung / Einheit | | v_L km/h |
| Beschreibung Dateninhalt | | Geschwindigkeit der Fahrzeuge oder Personen, die innerhalb des Beobachtungszeitraums T den Messquerschnitt X_0 passieren. |
| Verwendungszweck VM | | Verkehrsbeeinflussung (Leiten) Verkehrszustand und Prognose |
| Datenherkunft | | Ortsfeste Messstellen: Schleifen, Video, Infrarot, etc. |
| Verkehrssystem | | Gesamtverkehr, Strassenverkehr |
| Zeitbezugsart | | Nicht eindeutig: Mittelwert für Beobachtungsintervall Unbestimmt: Werte einer Tagesganglinie |
| Aggregierungsintervall | | 1 Minute für Verkehrssteuerung und Verkehrsbeeinflussungsanlagen 5 Minuten für Verkehrslage und Prognose |
| Raumbezug | | Linear: Messquerschnitt auf Strassenachse, Fahrbahnquerschnitt, aufgeteilt nach Fahrstreifen und Fahrtrichtung |
| Metadaten | | Lage der Messstelle Anfang und Ende des Beobachtungsintervalls Fahrzeugklassen Statistikfunktion Mittelwert und Standardabweichung Zeitaspekt der Statistikfunktion (ZAS) |
| Datenqualität | Thematische Genauigkeit | Gemäss ASTRA Richtlinie Verkehrszähler |
| | Zeitliche Genauigkeit | Gemäss ASTRA Richtlinie Verkehrszähler |
| | Lagegenauigkeit | Im Bereich von Knotenpunkten fahrestreifenfein Auf HLS Aus- und Einfahrtsrampen sowie Stammlinie zwischen Aus- und Einfahrt separat |
| | Aktualität | Der Zeitbedarf für Datenverarbeitung und Datenübertragung darf nicht grösser sein als das Beobachtungsintervall. |
| | Vollständigkeit | Gemäss ASTRA Richtlinie Verkehrszähler |
| Bemerkungen | | |

III.3 Momentane Geschwindigkeit

| | | |
|---------------------------------|--|--------------------------------|
| Bezeichnung | Momentane Geschwindigkeit | |
| Abkürzung / Einheit | v_M | km/h |
| Beschreibung Dateninhalt | Geschwindigkeit der Fahrzeuge oder Personen, die sich zum Zeitpunkt t_0 innerhalb des Streckenabschnitts X befinden. | |
| Verwendungszweck VM | Theoretische Grösse, keine direkte Verwendung | |
| Datenherkunft | Berechnung aus dem harmonischen Mittel der lokalen Einzelgeschwindigkeiten auf einem Streckenabschnitt | |
| Verkehrssystem | Gesamtverkehr, Strassenverkehr | |
| Zeitbezugsart | Eindeutig, da momentane Verkehrsgrösse | |
| Aggregierungsintervall | Zeitpunkt T(x) | |
| Raumbezug | Linear: Abschnitt zwischen zwei Punkten auf einer Achse Topologisch: Streckenabschnitt zwischen zwei Netzknoten, in Fahrtrichtung | |
| Metadaten | Definition Streckenabschnitt Zeitliche Gültigkeit | |
| Datenqualität | Thematische Genauigkeit | Keine messtechnische Erfassung |
| | Zeitliche Genauigkeit | nicht definiert |
| | Lagegenauigkeit | nicht definiert |
| | Aktualität | nicht definiert |
| | Vollständigkeit | nicht definiert |
| Bemerkungen | Keine konkrete Anwendung im Verkehrsmanagement bekannt. Bei homogenem und stationärem Verkehrsfluss gilt die Annahme: $v_M = v_L$ | |

III.4 Abschnittsbezogene Reisezeit

| | | | |
|---------------------------------|--------------------------------|--|--------|
| Bezeichnung | | Abschnittsbezogene Reisezeit | |
| Abkürzung / Einheit | | T_R | s, min |
| Beschreibung Dateninhalt | | Zeitbedarf für eine Reise auf dem Streckenabschnitt X. Die Reise beginnt zum Zeitpunkt T_0 im Punkt X_0 und endet zum Zeitpunkt $T_0 + T_R$ im Punkt $X_0 + X$. | |
| Verwendungszweck VM | | Verkehrsinformation Verkehrsbeeinflussung (Lenken) Verkehrszustand und Prognose | |
| Datenherkunft | | ANPR, FCD, FPD | |
| Verkehrssystem | | Alle Verkehrssysteme | |
| Zeitbezugsart | | Eindeutig: Bei Einzelfahrzeugbeobachtung für einen bestimmten Zeitraum gültig Nicht eindeutig: Für Fahrzeugkollektiv im Beobachtungszeitraum | |
| Aggregierungsintervall | | Einzelfahrzeugdaten 5 Minuten für Verkehrslage, Prognose und Lenkungsmassnahmen | |
| Raumbezug | | Linear: Messstrecke zwischen zwei Messquerschnitten auf einer Achse Topologisch: Streckenabschnitt zwischen zwei Netzknoten, in Fahrtrichtung | |
| Metadaten | | Definition des Streckenabschnitts Zeitliche Gültigkeit | |
| Datenqualität | Thematische Genauigkeit | Gemäss ASTRA Richtlinie Verkehrsmanagement Schweiz | |
| | Zeitliche Genauigkeit | nicht definiert | |
| | Lagegenauigkeit | nicht definiert | |
| | Aktualität | Der Zeitbedarf für Datenverarbeitung und Datenübertragung darf nicht grösser sein als das Beobachtungsintervall. | |
| | Vollständigkeit | nicht definiert | |
| Bemerkungen | | | |

III.5 Abschnittsbezogene Reisegeschwindigkeit

| | | |
|---------------------------------|--------------------------------|--|
| Bezeichnung | | Abschnittsbezogene Reisegeschwindigkeit |
| Abkürzung / Einheit | | v_R km/h, m/s |
| Beschreibung Dateninhalt | | Mittlere Reisegeschwindigkeit für den Streckenabschnitt X mit der Reisezeit T_R |
| Verwendungszweck VM | | Verkehrszustand HLS + HVS (online) |
| Datenherkunft | | Berechnung anhand Reisezeit $v_R = X / T_R$ |
| Verkehrssystem | | Individualverkehr |
| Zeitbezugsart | | Eindeutig: Bei Einzelfahrzeugbeobachtung für einen bestimmten Zeitraum gültig Nicht eindeutig: Für Fahrzeugkollektiv für Beobachtungszeitraum |
| Aggregierungsintervall | | Einzelfahrzeugdaten 5 Minuten für Verkehrslage, Prognose und Lenkungsmassnahmen |
| Raumbezug | | Linear: Messstrecke zwischen zwei Messquerschnitten auf einer Achse Topologisch: Streckenabschnitt zwischen zwei Netzknoten, in Fahrtrichtung |
| Metadaten | | Definition des Streckenabschnitts Zeitliche Gültigkeit |
| Datenqualität | Thematische Genauigkeit | Gemäss ASTRA Richtlinie Verkehrsmanagement Schweiz |
| | Zeitliche Genauigkeit | nicht definiert |
| | Lagegenauigkeit | nicht definiert |
| | Aktualität | Der Zeitbedarf für Datenverarbeitung und Datenübertragung darf nicht grösser sein als das Beobachtungsintervall. |
| | Vollständigkeit | nicht definiert |
| Bemerkungen | | |

III.6 Komplexe Reisezeit

| | | | |
|---------------------------------|--------------------------------|--|-----|
| Bezeichnung | | Komplexe Reisezeit | |
| Abkürzung / Einheit | | T_R | min |
| Beschreibung Dateninhalt | | Zeitbedarf für eine Wegekette (mehrere Strecken, verschiedene Verkehrsmittel). Die Reise beginnt zum Zeitpunkt T_0 im Punkt X_0 und endet zum Zeitpunkt $T_0 + T_R$ im Punkt $X_0 + X$. | |
| Verwendungszweck VM | | Individuelle pre-trip Verkehrsinformation Individuelle Routenplanung | |
| Datenherkunft | | Berechnung anhand der Einzelzeiten für jedes Element der Wegekette | |
| Verkehrssystem | | Alle Verkehrssysteme | |
| Zeitbezugsart | | Eindeutig: Gültigkeit abhängig vom Zeitpunkt des Reisebeginns | |
| Aggregierungsintervall | | Einzelbeobachtung | |
| Raumbezug | | Topologisch: Startpunkt, Zwischenpunkte, Endpunkt | |
| Metadaten | | Ausgangspunkt und Ziel der Wegekette Zeitliche Gültigkeit | |
| Datenqualität | Thematische Genauigkeit | nicht definiert | |
| | Zeitliche Genauigkeit | nicht definiert | |
| | Lagegenauigkeit | nicht definiert | |
| | Aktualität | nicht definiert | |
| | Vollständigkeit | nicht definiert | |
| Bemerkungen | | | |

III.7 Wartezeit Knotenpunkt

| | | |
|---------------------------------|--------------------------------|---|
| Bezeichnung | | Wartezeit Knotenpunkt |
| Abkürzung / Einheit | | T_w s |
| Beschreibung Dateninhalt | | Wartezeit eines Fahrzeugs oder eines Fussgängers an einem Knotenpunkt |
| Verwendungszweck VM | | Verkehrssteuerung LSA Verkehrszustand innerorts Leistungsfähigkeitsberechnung (offline) |
| Datenherkunft | | Reisezeitmessung, Aufzeichnungen Zeit-Weg-Diagramm Für Knoten ohne LSA: Berechnung aufgrund Verkehrsstärke unter Annahme einer bestimmten Zeitlückenverteilung Für Knoten mit LSA: Berechnung aufgrund Verkehrsstärke, Umlaufzeit und eff. Grünzeit |
| Verkehrssystem | | Alle Verkehrssysteme |
| Zeitbezugsart | | Nicht eindeutig: Mittelwert für Beobachtungsintervall Unbestimmt: Bei planerischen Aufgaben (wie LF-Berechnung) |
| Aggregierungsintervall | | 1 Minute für Verkehrssteuerung und Verkehrsbeeinflussungsanlagen 5 Minuten für Verkehrslage, Prognose und Lenkungsmaßnahmen |
| Raumbezug | | Topologisch: Knotenpunkt und Fahrstreifen bzw. Abbiegestreifen in Knotenpunktzufahrt |
| Metadaten | | Bezeichnung Knotenpunkt Bezeichnung Zufahrt oder Fahrstreifen Zeitliche Gültigkeit |
| Datenqualität | Thematische Genauigkeit | nicht definiert |
| | Zeitliche Genauigkeit | nicht definiert |
| | Lagegenauigkeit | nicht definiert |
| | Aktualität | nicht definiert |
| | Vollständigkeit | nicht definiert |
| Bemerkungen | | |

III.8 Zugangszeit

| | | |
|---------------------------------|--------------------------------|--|
| Bezeichnung | | Zugangszeit |
| Abkürzung / Einheit | | T_z min |
| Beschreibung Dateninhalt | | Zeitbedarf für den Fussweg vom Ausgangspunkt der Reise bis zum Verkehrsmittel (z.B. Zeitbedarf von der Haustüre bis zur Tramhaltestelle) |
| Verwendungszweck VM | | Element der komplexen Reisezeit (für individuelle Verkehrsinformation) |
| Datenherkunft | | Schätzung aufgrund Weglänge mit konstanter Gehgeschwindigkeit |
| Verkehrssystem | | Alle Verkehrssysteme |
| Zeitbezugsart | | Unbestimmt |
| Aggregierungsintervall | | |
| Raumbezug | | Topologisch: Wegstrecke zwischen Ausgangsort und Einstiegs(halte)stelle |
| Metadaten | | Lage und Bezeichnung Ausgangspunkt der Reise (Wohnung, Arbeit, Schule, etc.) Lage und Bezeichnung der Einstiegs(halte)stelle (Haltestelle öV, Bahnhof, Parkplatz, Parkhaus, Veloabstellplatz) Weglänge zwischen Ausgangspunkt und Einstiegs(halte)stelle |
| Datenqualität | Thematische Genauigkeit | nicht definiert |
| | Zeitliche Genauigkeit | nicht definiert |
| | Lagegenauigkeit | nicht definiert |
| | Aktualität | nicht definiert |
| | Vollständigkeit | nicht definiert |
| Bemerkungen | | |

III.9 Abgangszeit

| | | |
|---------------------------------|--------------------------------|---|
| Bezeichnung | | Abgangszeit |
| Abkürzung / Einheit | | T_A min |
| Beschreibung Dateninhalt | | Zeitbedarf für den Fussweg vom Verkehrsmittel bis Endpunkt der Reise (z.B. Zeitbedarf von der Tramhaltestelle bis zum Ziel der Reise) |
| Verwendungszweck VM | | Element der komplexen Reisezeit (für individuelle Verkehrsinformation) |
| Datenherkunft | | Schätzung aufgrund Weglänge mit konstanter Gehgeschwindigkeit |
| Verkehrssystem | | Alle Verkehrssysteme |
| Zeitbezugsart | | Unbestimmt |
| Aggregierungsintervall | | |
| Raumbezug | | Topologisch: Wegstrecke zwischen Ausstiegs(halte)stelle und Ziel der Reise |
| Metadaten | | Lage und Bezeichnung des Ziels der Reise (Wohnung, Arbeit, Schule, etc.) Lage und Bezeichnung der Ausstiegs(halte)stelle (Haltestelle öV, Bahnhof, Parkplatz, Parkhaus, Veloabstellplatz) Weglänge zwischen Ausstiegs(halte)stelle und Ziel |
| Datenqualität | Thematische Genauigkeit | nicht definiert |
| | Zeitliche Genauigkeit | nicht definiert |
| | Lagegenauigkeit | nicht definiert |
| | Aktualität | nicht definiert |
| | Vollständigkeit | nicht definiert |
| Bemerkungen | | |

III.10 Übergangszeit

| | | |
|---------------------------------|--------------------------------|--|
| Bezeichnung | | Übergangszeit |
| Abkürzung / Einheit | | $T_{\bar{U}}$ min |
| Beschreibung Dateninhalt | | Zeitbedarf für den Wechsel zwischen Fahrzeugen oder Verkehrssystemen (z.B. beim Umsteigen von Bus auf Bahn oder bei Park+Ride) |
| Verwendungszweck VM | | Element der komplexen Reisezeit (für individuelle Verkehrsinformation) |
| Datenherkunft | | Schätzung aufgrund Weglänge mit konstanter Gehgeschwindigkeit |
| Verkehrssystem | | Gesamtverkehr, Strassenverkehr |
| Zeitbezugsart | | Unbestimmt |
| Aggregierungsintervall | | |
| Raumbezug | | Topologisch: Wegstrecke zwischen Ausstiegs(halte)stelle und Einstiegs(halte)stelle |
| Metadaten | | Lage und Bezeichnung Ausstiegs(halte)stelle und Einstiegs(halte)stelle (Haltestelle öV, Bahnhof, Parkplatz, Parkhaus, Veloabstellplatz) Weglänge zwischen Ausstiegs(halte)stelle und Einstiegs(halte)stelle |
| Datenqualität | Thematische Genauigkeit | nicht definiert |
| | Zeitliche Genauigkeit | nicht definiert |
| | Lagegenauigkeit | nicht definiert |
| | Aktualität | nicht definiert |
| | Vollständigkeit | nicht definiert |
| Bemerkungen | | |

III.11 Zeitverlust

| | | |
|---------------------------------|--------------------------------|---|
| Bezeichnung | | Zeitverlust |
| Abkürzung / Einheit | | T_V s, min |
| Beschreibung Dateninhalt | | Zeitspanne, um die sich die "effektive Reisezeit" aufgrund von Verkehrsbehinderungen im Vergleich zur "Reisezeit im Normalfall" verlängert. |
| Verwendungszweck VM | | Verkehrsinformation (online) |
| Datenherkunft | | Differenz zwischen "Reisezeit im Normalfall" und "Aktueller Reisezeit" |
| Verkehrssystem | | Alle Verkehrssysteme |
| Zeitbezugsart | | Nicht eindeutig: Mittelwert für Beobachtungsintervall |
| Aggregierungsintervall | | 1 Minute für Verkehrssteuerung und Verkehrsbeeinflussungsanlagen 5 Minuten für Verkehrslage, Prognose und Lenkungsmassnahmen |
| Raumbezug | | Linear: Bezogen auf einen Punkt auf einer Achse, z.B. Stauwurzel oder das Stauende Topologisch: Streckenabschnitt zwischen Knoten A und Knoten B oder Zufahrt zu einem Knotenpunkt |
| Metadaten | | Bezeichnung Knotenpunkt mit Zufahrt oder Fahrstreifen Bezeichnung Streckenabschnitt Zeitliche Gültigkeit |
| Datenqualität | Thematische Genauigkeit | nicht definiert |
| | Zeitliche Genauigkeit | nicht definiert |
| | Lagegenauigkeit | nicht definiert |
| | Aktualität | nicht definiert |
| | Vollständigkeit | nicht definiert |
| Bemerkungen | | |

III.12 Rückstaulänge

| | | |
|---------------------------------|--------------------------------|---|
| Bezeichnung | | Rückstaulänge |
| Abkürzung / Einheit | | L _{Stau} m, km |
| Beschreibung Dateninhalt | | Länge des Rückstaus von der Stauwurzel bis zum Stauende |
| Verwendungszweck VM | | Verkehrssteuerung LSA Verkehrszustand innerorts Leistungsfähigkeitsberechnung (offline) |
| Datenherkunft | | Messtechnisch durch Schleifen, Video, Infrarot, etc. Berechnung anhand Zufluss und Wartezeit |
| Verkehrssystem | | Gesamtverkehr, Strassenverkehr |
| Zeitbezugsart | | Nicht eindeutig: Mittelwert für Beobachtungsintervall |
| Aggregierungsintervall | | 1 Minute für Verkehrssteuerung und Verkehrsbeeinflussungsanlagen 5 Minuten für Verkehrslage, Prognose und Lenkungsmaßnahmen |
| Raumbezug | | Linear: Staulänge von Stauwurzel bis Stauende Topologisch: Bezug auf Knotenpunkt, Knotenpunktszufahrt und Fahrstreifen |
| Metadaten | | Bezeichnung Knotenpunkt Bezeichnung Zufahrt oder Fahrstreifen Zeitliche Gültigkeit |
| Datenqualität | Thematische Genauigkeit | nicht definiert |
| | Zeitliche Genauigkeit | nicht definiert |
| | Lagegenauigkeit | nicht definiert |
| | Aktualität | nicht definiert |
| | Vollständigkeit | nicht definiert |
| Bemerkungen | | |

III.13 Verkehrsdichte (Fahrzeugdichte)

| | | |
|---------------------------------|--------------------------------|--|
| Bezeichnung | | Verkehrsdichte (Fahrzeugdichte) |
| Abkürzung / Einheit | | k Fz / km |
| Beschreibung Dateninhalt | | Anzahl der Fahrzeuge, die sich zum Zeitpunkt t_0 innerhalb des Streckenabschnitts X befinden. |
| Verwendungszweck VM | | Verkehrszustand HLS + HVS (online) Verkehrsbeeinflussung HLS |
| Datenherkunft | | Berechnung mit $k = q/v$ oder als Kehrwert der mittleren Raumlücke |
| Verkehrssystem | | Gesamtverkehr, Strassenverkehr |
| Zeitbezugsart | | Eindeutig, da momentane Verkehrsgrösse Nicht eindeutig: wenn aus Mittelwerten für Verkehrsstärke und Geschwindigkeit berechnet |
| Aggregierungsintervall | | Zeitpunkt T(x) |
| Raumbezug | | Linear: Abschnitt zwischen zwei Punkten auf einer Achse Topologisch: Streckenabschnitt zwischen zwei Netzknoten, in Fahrtrichtung |
| Metadaten | | Definition Streckenabschnitt Zeitliche Gültigkeit (Beobachtungsintervall) |
| Datenqualität | Thematische Genauigkeit | nicht definiert |
| | Zeitliche Genauigkeit | nicht definiert |
| | Lagegenauigkeit | nicht definiert |
| | Aktualität | nicht definiert |
| | Vollständigkeit | nicht definiert |
| Bemerkungen | | |

III.14 Fussgängerdichte

| | | |
|---------------------------------|--------------------------------|--|
| Bezeichnung | | Fussgängerdichte |
| Abkürzung / Einheit | | k_{FG} Pers./m ² |
| Beschreibung Dateninhalt | | Anzahl Personen, die sich zum Zeitpunkt t_0 innerhalb der Fläche A befinden. |
| Verwendungszweck VM | | |
| Datenherkunft | | Berechnung mit $k_{FG} = Q_{FG} / V_{FG}$ |
| Verkehrssystem | | Fussgängerverkehr |
| Zeitbezugsart | | Eindeutig, da momentane Verkehrsgrösse |
| Aggregierungsintervall | | Zeitpunkt T(x) |
| Raumbezug | | Topologisch: Verfügbare Fläche für Fussgänger innerhalb eines Objekts (Haltestelle, Bahnhof) |
| Metadaten | | Angaben zur Örtlichkeit Zeitliche Gültigkeit |
| Datenqualität | Thematische Genauigkeit | nicht definiert |
| | Zeitliche Genauigkeit | nicht definiert |
| | Lagegenauigkeit | nicht definiert |
| | Aktualität | nicht definiert |
| | Vollständigkeit | nicht definiert |
| Bemerkungen | | |

III.15 Zeitlücke

| | | |
|---------------------------------|--------------------------------|---|
| Bezeichnung | | Zeitlücke |
| Abkürzung / Einheit | | Δt s |
| Beschreibung Dateninhalt | | Zeitlicher Abstand zwischen den Bezugspunkten aufeinanderfolgender Fahrzeuge |
| Verwendungszweck VM | | Verkehrssteuerung LSA Berechnung der Verkehrsstärke |
| Datenherkunft | | Stationäre Messstellen: Schleifen, Video, Infrarot, Ultraschall, Laser, etc. |
| Verkehrssystem | | Gesamtverkehr, Strassenverkehr |
| Zeitbezugsart | | Eindeutig bei Einzelfahrzeugbeobachtung Nicht eindeutig bei Mittelwert über Beobachtungsintervall |
| Aggregierungsintervall | | Einzelfahrzeugbeobachtung (für LSA-Steuerung) 1 Minute für Verkehrssteuerung und Verkehrsbeeinflussungsanlagen |
| Raumbezug | | Linear: Messquerschnitt auf Strassenachse, Fahrbahnquerschnitt, aufgeteilt nach Fahrstreifen und Fahrtrichtung |
| Metadaten | | Lage und Abmessungen der Messstelle Zeitbezug |
| Datenqualität | Thematische Genauigkeit | nicht definiert |
| | Zeitliche Genauigkeit | nicht definiert |
| | Lagegenauigkeit | nicht definiert |
| | Aktualität | nicht definiert |
| | Vollständigkeit | nicht definiert |
| Bemerkungen | | |

III.16 Raumlücke

| | | | |
|---------------------------------|--------------------------------|--|---|
| Bezeichnung | | Raumlücke | |
| Abkürzung / Einheit | | Δs | m |
| Beschreibung Dateninhalt | | Räumlicher Abstand zwischen den Bezugspunkten aufeinanderfolgender Fahrzeuge | |
| Verwendungszweck VM | | Berechnung der Dichte | |
| Datenherkunft | | Messtechnisch z.B. durch Auswertung Luftbild Berechnung durch $\Delta s = 1000/k$ | |
| Verkehrssystem | | Gesamtverkehr, Strassenverkehr | |
| Zeitbezugsart | | Eindeutig, da momentane Verkehrsgrösse Nicht eindeutig, wenn aus Mittelwerten für Verkehrsstärke und Geschwindigkeit berechnet. | |
| Aggregierungsintervall | | Zeitpunkt $T(x)$ bei Einzelfahrzeugsbetrachtung | |
| Raumbezug | | Linear: Abschnitt zwischen zwei Punkten auf einer Achse Topologisch: Streckenabschnitt zwischen zwei Netzknoten, in Fahrtrichtung | |
| Metadaten | | Definition Streckenabschnitt Zeitpunkt der Beobachtung | |
| Datenqualität | Thematische Genauigkeit | nicht definiert | |
| | Zeitliche Genauigkeit | nicht definiert | |
| | Lagegenauigkeit | nicht definiert | |
| | Aktualität | nicht definiert | |
| | Vollständigkeit | nicht definiert | |
| Bemerkungen | | | |

III.17 Belegungsdauer

| | | | |
|---------------------------------|--------------------------------|---|---|
| Bezeichnung | | Belegungsdauer | |
| Abkürzung / Einheit | | T_B | s |
| Beschreibung Dateninhalt | | Zeitdauer, die sich ein Fahrzeug im Erfassungsbereich eines Messgerätes befindet. | |
| Verwendungszweck VM | | Verkehrssteuerung LSA | |
| Datenherkunft | | Stationäre Messstellen: Schleifen, Video, Infrarot, Ultraschall, Laser, etc. | |
| Verkehrssystem | | Gesamtverkehr, Strassenverkehr | |
| Zeitbezugsart | | Eindeutig bei Einzelfahrzeugbeobachtung Nicht eindeutig bei Mittelwert über Beobachtungsintervall | |
| Aggregierungsintervall | | Zeitpunkt $T(x)$ bei Einzelfahrzeugsbetrachtung (für LSA-Steuerung) 1 Minute für Verkehrssteuerung und Verkehrsbeeinflussungsanlagen | |
| Raumbezug | | Linear: Messquerschnitt auf Strassenachse in Fahrtrichtung, Fahrbahnquerschnitt, aufgeteilt nach Fahrstreifen | |
| Metadaten | | Lage und Abmessung der Messstelle Zeitbezug (Beobachtungsintervall) | |
| Datenqualität | Thematische Genauigkeit | nicht definiert | |
| | Zeitliche Genauigkeit | nicht definiert | |
| | Lagegenauigkeit | nicht definiert | |
| | Aktualität | nicht definiert | |
| | Vollständigkeit | nicht definiert | |
| Bemerkungen | | | |

III.18 Belegungsgrad

| | | |
|---------------------------------|--------------------------------|---|
| Bezeichnung | | Belegungsgrad |
| Abkürzung / Einheit | | BG % |
| Beschreibung Dateninhalt | | Quotient aus Belegungsdauer TB und Beobachtungszeitraum |
| Verwendungszweck VM | | Verkehrssteuerung LSA |
| Datenherkunft | | Berechnung aus Belegungsdauer |
| Verkehrssystem | | Individualverkehr Strasse |
| Zeitbezugsart | | Nicht eindeutig, Mittelwert über Beobachtungsintervall |
| Aggregierungsintervall | | 1 Minute für Verkehrssteuerung und Verkehrsbeeinflussungsanlagen |
| Raumbezug | | Linear: Messquerschnitt auf Strassenachse in Fahrtrichtung, Fahrbahnquerschnitt, aufgeteilt nach Fahrstreifen |
| Metadaten | | Lage der Messstelle Zeitbezug (Beobachtungsintervall) |
| Datenqualität | Thematische Genauigkeit | nicht definiert |
| | Zeitliche Genauigkeit | nicht definiert |
| | Lagegenauigkeit | nicht definiert |
| | Aktualität | nicht definiert |
| | Vollständigkeit | nicht definiert |
| Bemerkungen | | |

III.19 Kapazität Strasse

| | | |
|---------------------------------|--------------------------------|---|
| Bezeichnung | | Kapazität Strasse |
| Abkürzung / Einheit | | C Fz/h, PwE/h, Pers./h |
| Beschreibung Dateninhalt | | Grösstmögliche Verkehrsmenge, die auf einer Verkehrsanlage (Strasse oder Knotenpunkt) innerhalb eines bestimmten Zeitintervalls abgewickelt werden kann. |
| Verwendungszweck VM | | Verkehrslage und Prognose Leistungsfähigkeitsberechnung (offline) |
| Datenherkunft | | Annahme aufgrund von Erfahrungswerten und aufgrund statistischer Auswertungen Die Schweizer Normengruppe „Leistungsfähigkeit, Verkehrsqualität, Belastbarkeit“ enthält Angaben zur Kapazität je Anlagentyp |
| Verkehrssystem | | Gesamtverkehr, Strassenverkehr |
| Zeitbezugsart | | Unbestimmt |
| Aggregierungsintervall | | 1 Stunde |
| Raumbezug | | Linear: Streckenabschnitt (von km bis km) mit gleichen verkehrstechnischen Eigenschaften Topologisch: Streckenabschnitt zwischen zwei Netzknoten, in Fahrtrichtung |
| Metadaten | | Definition Strassenabschnitt und Strassenquerschnitt Randbedingungen, unter denen die Kapazität erreicht werden kann: Längsneigung, Schwerverkehrsanteil, Kurvigkeit, Wetter und Fahrbahnbeschaffenheit |
| Datenqualität | Thematische Genauigkeit | nicht definiert |
| | Zeitliche Genauigkeit | nicht definiert |
| | Lagegenauigkeit | nicht definiert |
| | Aktualität | nicht definiert |
| | Vollständigkeit | nicht definiert |
| Bemerkungen | | |

III.20 Kapazität Abfertigungsanlage

| | | |
|---------------------------------|---|----------------------|
| Bezeichnung | Kapazität Abfertigungsanlage | |
| Abkürzung / Einheit | C | Fz/h, PwE/h, Pers./h |
| Beschreibung Dateninhalt | Grösstmögliche Verkehrsmenge, die an einer Abfertigungsanlage (Schranke, Zoll, Bahnverlad, etc.) innerhalb eines bestimmten Zeitintervalls abgefertigt werden kann. | |
| Verwendungszweck VM | Verkehrslage und Prognose Leistungsfähigkeitsberechnung (offline) | |
| Datenherkunft | Annahme aufgrund Erfahrungswerte und statistischer Auswertung | |
| Verkehrssystem | Alle Verkehrssysteme | |
| Zeitbezugsart | unbestimmt | |
| Aggregierungsintervall | 1 Stunde | |
| Raumbezug | Linear: Querschnitt auf Strassenachse in Fahrtrichtung, Fahrbahnquerschnitt, aufgeteilt nach Fahrstreifen | |
| Metadaten | Bezeichnung und Lage | |
| Datenqualität | Thematische Genauigkeit | nicht definiert |
| | Zeitliche Genauigkeit | nicht definiert |
| | Lagegenauigkeit | nicht definiert |
| | Aktualität | nicht definiert |
| | Vollständigkeit | nicht definiert |
| Bemerkungen | | |

III.21 Auslastungsgrad Strecke

| | | |
|---------------------------------|---|-----------------|
| Bezeichnung | Auslastungsgrad Strecke | |
| Abkürzung / Einheit | A | % |
| Beschreibung Dateninhalt | Quotient aus Verkehrsmenge q und Kapazität C | |
| Verwendungszweck VM | Verkehrslage und Prognose Leistungsfähigkeitsberechnung (offline) | |
| Datenherkunft | $A = q / C$ | |
| Verkehrssystem | Alle Verkehrssysteme | |
| Zeitbezugsart | Nicht eindeutig, Mittelwert über Beobachtungsintervall | |
| Aggregierungsintervall | 5 Minuten für Verkehrslage und Prognose 1 Stunde für Verkehrsstatistik | |
| Raumbezug | Linear: Streckenabschnitt (von km bis km) mit gleichen verkehrstechnischen Eigenschaften Topologisch: Streckenabschnitt zwischen zwei Netzknoten, in Fahrtrichtung | |
| Metadaten | Bezeichnung und Lage des Objekts Zeitliche Gültigkeit | |
| Datenqualität | Thematische Genauigkeit | nicht definiert |
| | Zeitliche Genauigkeit | nicht definiert |
| | Lagegenauigkeit | nicht definiert |
| | Aktualität | nicht definiert |
| | Vollständigkeit | nicht definiert |
| Bemerkungen | | |

III.22 Schwerververkehrsanteil

| | | |
|---------------------------------|--------------------------------|---|
| Bezeichnung | | Schwerverkehrsanteil |
| Abkürzung / Einheit | | A_{SV} % |
| Beschreibung Dateninhalt | | Quotient aus der Anzahl Fahrzeuge > 3.5 t und der Gesamtheit aller Fahrzeuge |
| Verwendungszweck VM | | Verkehrsplanung, Verkehrsstatistik (offline) |
| Datenherkunft | | $A_{SV} = q_{SV} / q_{ges}$ |
| Verkehrssystem | | Gesamtverkehr, Strassenverkehr |
| Zeitbezugsart | | Nicht eindeutig, Mittelwert über Beobachtungsintervall |
| Aggregierungsintervall | | 5 Minuten für Verkehrslage und Prognose 1 Stunde für Verkehrsstatistik |
| Raumbezug | | Linear: Messquerschnitt auf Strassenachse und Fahrtrichtung, Fahrbahnquerschnitt, aufgeteilt nach Fahrstreifen Topologisch: Streckenabschnitt zwischen zwei Netzknoten, in Fahrtrichtung |
| Metadaten | | Lage der Messstelle Anfang und Ende des Beobachtungsintervalls |
| Datenqualität | Thematische Genauigkeit | nicht definiert |
| | Zeitliche Genauigkeit | nicht definiert |
| | Lagegenauigkeit | nicht definiert |
| | Aktualität | nicht definiert |
| | Vollständigkeit | nicht definiert |
| Bemerkungen | | |

III.23 Verkehrsqualität

| | | |
|---------------------------------|--------------------------------|---|
| Bezeichnung | | Verkehrsqualität (level of service) |
| Abkürzung / Einheit | | LOS [A - F] |
| Beschreibung Dateninhalt | | Qualitätsstufe des Verkehrsablaufs (level of service) |
| Verwendungszweck VM | | Verkehrsplanung (offline) |
| Datenherkunft | | Verschiedene Möglichkeiten für Berechnung je nach Verkehrsart und Verkehrsanlage SN 640 017a, SN 640 18a, SN 640 022 |
| Verkehrssystem | | Gesamtverkehr, Strassenverkehr |
| Zeitbezugsart | | Nicht eindeutig, Mittelwert über Beobachtungsintervall |
| Aggregierungsintervall | | 1 Stunde für Verkehrsstatistik und Verkehrsplanung |
| Raumbezug | | Linear: Messquerschnitt auf Strassenachse und Fahrtrichtung, Fahrbahnquerschnitt, aufgeteilt nach Fahrstreifen Topologisch: Streckenabschnitt zwischen zwei Netzknoten, in Fahrtrichtung |
| Metadaten | | Bezeichnung der Verkehrsanlage mit Ortsbezug (Messquerschnitt, Streckenabschnitt, Knotenzufahrt) Zeitliche Gültigkeit |
| Datenqualität | Thematische Genauigkeit | nicht definiert |
| | Zeitliche Genauigkeit | nicht definiert |
| | Lagegenauigkeit | nicht definiert |
| | Aktualität | nicht definiert |
| | Vollständigkeit | nicht definiert |
| Bemerkungen | | |

III.24 Verkehrszustand

| | | |
|---------------------------------|--------------------------------|---|
| Bezeichnung | | Verkehrszustand |
| Abkürzung / Einheit | | Z [Z1 – Z4] |
| Beschreibung Dateninhalt | | Verkehrszustand Z1 = freier Verkehr Z2 = dichter Verkehr Z3 = zähfließender/stockender Verkehr Z4 = Stau |
| Verwendungszweck VM | | Verkehrsbeeinflussung (Leiten) Verkehrslage und Prognose in Echtzeit |
| Datenherkunft | | Verschiedene Kriterien je nach Verkehrsart und Verkehrsanlage nötig Der Verkehrszustand kann in Abhängigkeit von Verkehrsdichte und Geschwindigkeit definiert werden. Siehe hierzu [20] Richtlinie: Verkehrsmanagement in der Schweiz VM-CH, www.astra.admin.ch, 2008 [27] Merkblatt für die Ausstattung von Verkehrsrechnerzentralen und Unterzentralen MARZ, BAST, 1999 |
| Verkehrssystem | | Gesamtverkehr, Strassenverkehr |
| Zeitbezugsart | | Nicht eindeutig, Mittelwert über Beobachtungsintervall |
| Aggregierungsintervall | | 1 Minute für Verkehrssteuerung und Verkehrsbeeinflussungsanlagen 5 Minuten für globale Verkehrslage und Prognose |
| Raumbezug | | Linear: Messquerschnitt auf Strassenachse und Fahrtrichtung, Fahrbahnquerschnitt, aufgeteilt nach Fahrstreifen Topologisch: Streckenabschnitt zwischen zwei Netzknoten, in Fahrtrichtung |
| Metadaten | | Bezeichnung der Verkehrsanlage mit Ortsbezug (Messquerschnitt, Streckenabschnitt, Knotenzufahrt) Zeitliche Gültigkeit |
| Datenqualität | Thematische Genauigkeit | nicht definiert |
| | Zeitliche Genauigkeit | nicht definiert |
| | Lagegenauigkeit | nicht definiert |
| | Aktualität | nicht definiert |
| | Vollständigkeit | nicht definiert |
| Bemerkungen | | Im Schweizer Normenwerk finden sich qualitative Definitionen des Verkehrszustands wie „stabil“ oder „instabil“. Eine quantitative Definition existiert nicht. |

III.25 Verkehrsleistung

| | | |
|---------------------------------|--------------------------------|---|
| Bezeichnung | | Verkehrsleistung |
| Abkürzung / Einheit | | L_V $Fz * km / h$ oder $Fz * km / a$ $Pers. * km / h$ oder $Pers. * km / a$ |
| Beschreibung Dateninhalt | | Fahrzeugkilometer oder Personenkilometer im Analysezeitraum. Dies entspricht in Analogie zur Mechanik der "Arbeit" eines Verkehrssystems im Analysezeitraum T. |
| Verwendungszweck VM | | Verkehrslenkung, Routen- und Verkehrsmittelwahl Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen (offline) |
| Datenherkunft | | Verkehrsstärke * Weg / Zeit Mögliche Definition für die Anwendung im Verkehrsmanagement, wenn die stündliche Verkehrsstärke und die Reisegeschwindigkeit oder Abschnittsreisezeit bekannt sind: $L_V = q * s / t * T$ oder $L_V = q * v_R * T$ Für die Anwendung in der Verkehrsplanung (z.B. Kosten-/Nutzen-Analyse nach SN 641820) $L_V = Q * s / T$ q Verkehrsstärke je Zeiteinheit [Fz/h] s zurückgelegte Wegstrecke im Analysezeitraum [km] t Zeitbedarf für die zurückgelegte Wegstrecke [h, min, s] v_R mittlere Reisegeschwindigkeit im Analysezeitraum [km/h] Q Verkehrsaufkommen im Analysezeitraum T [Fz] T Analysezeitraum [h, a] |
| Verkehrssystem | | Auf alle Verkehrssysteme anwendbar |
| Zeitbezugsart | | Nicht eindeutig, Mittelwert über Beobachtungsintervall |
| Aggregierungsintervall | | 5 Minuten für Verkehrslage und Prognose 1 Stunde für Verkehrsstatistik (z.B. Tagesganglinie) 1 Jahr für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen |
| Raumbezug | | Linear: Messquerschnitt auf Strassenachse und Fahrtrichtung, Fahrbahnquerschnitt, aufgeteilt nach Fahrstreifen Topologisch: Streckenabschnitt zwischen zwei Netzknoten, in Fahrtrichtung |
| Metadaten | | Bezeichnung der Verkehrsanlage mit Ortsbezug (Streckenabschnitt) Betrachtungszeitraum |
| Datenqualität | Thematische Genauigkeit | nicht definiert |
| | Zeitliche Genauigkeit | nicht definiert |
| | Lagegenauigkeit | nicht definiert |
| | Aktualität | nicht definiert |
| | Vollständigkeit | nicht definiert |
| Bemerkungen | | Hinweis: Eine Definition der Verkehrsleistung im Zusammenhang mit dem Verkehrsmanagement existiert im Schweizer Normenwerk nicht. Es existiert eine Definition der Verkehrsleistung gemäss SN 641820 „Kosten-/Nutzen-Analysen im Strassenverkehr“. Diese lautet: <i>Fahr- bzw. Verkehrsleistungen entsprechen dem Total der pro Zeiteinheit von Fahrzeugen bzw. Personen gefahrenen Kilometer. Die Einheit ist Fahrzeugkilometer bzw. Personenkilometer. Das Verhältnis der beiden Grössen ist der Fahrzeugbesetzungsgrad.</i> |

III.26 Kapazität öV

| | | |
|---------------------------------|--------------------------------|--|
| Bezeichnung | | Kapazität öV |
| Abkürzung / Einheit | | $C_{\text{öV}}$ Pers./Fz, Pers./h |
| Beschreibung Dateninhalt | | Beförderungskapazität bezogen auf einen Kurs oder auf eine Linie |
| Verwendungszweck VM | | Verkehrsplanung (offline) |
| Datenherkunft | | Durch die Grösse der eingesetzten Fahrzeuge und der Fahrplandichte vorgegeben. |
| Verkehrssystem | | Öffentlicher Personenverkehr |
| Zeitbezugsart | | Eindeutig, abhängig von Analysezeitraum |
| Aggregierungsintervall | | Einzelfahrzeugbetrachtung oder bezogen auf eine Stunde |
| Raumbezug | | Topologisch: Linie, Kurs, Abschnitt zwischen Haltestellen A und B |
| Metadaten | | Linie, Kurs Zeitliche Gültigkeit |
| Datenqualität | Thematische Genauigkeit | nicht definiert |
| | Zeitliche Genauigkeit | nicht definiert |
| | Lagegenauigkeit | nicht definiert |
| | Aktualität | nicht definiert |
| | Vollständigkeit | nicht definiert |
| Bemerkungen | | |

III.27 Anzahl Einsteiger

| | | |
|---------------------------------|--------------------------------|---|
| Bezeichnung | | Anzahl Einsteiger |
| Abkürzung / Einheit | | $N_{\text{Einsteiger}}$ Personen |
| Beschreibung Dateninhalt | | Anzahl Personen, die an der Haltestelle einsteigen. |
| Verwendungszweck VM | | Verkehrsplanung (offline) |
| Datenherkunft | | Fahrgastzählung (manuell oder automatisch) |
| Verkehrssystem | | Öffentlicher Personenverkehr |
| Zeitbezugsart | | Eindeutig, Abhängig von Kurs oder Analysezeitraum |
| Aggregierungsintervall | | Dauer Haltestellenaufenthalt |
| Raumbezug | | Topologisch: Linie, Kurs, Haltestelle |
| Metadaten | | Linie, Kurs, Haltestelle Beobachtungszeitraum |
| Datenqualität | Thematische Genauigkeit | nicht definiert |
| | Zeitliche Genauigkeit | nicht definiert |
| | Lagegenauigkeit | nicht definiert |
| | Aktualität | nicht definiert |
| | Vollständigkeit | nicht definiert |
| Bemerkungen | | |

III.28 Anzahl Aussteiger

| | | |
|---------------------------------|--------------------------------|---|
| Bezeichnung | | Anzahl Aussteiger |
| Abkürzung / Einheit | | $N_{\text{Aussteiger}}$ Personen |
| Beschreibung Dateninhalt | | Anzahl Personen, die an einer Haltestelle aussteigen. |
| Verwendungszweck VM | | Verkehrsplanung (offline) |
| Datenherkunft | | Fahrgastzählung (manuell oder automatisch) |
| Verkehrssystem | | Öffentlicher Personenverkehr |
| Zeitbezugsart | | Nicht eindeutig, abhängig von Kurs oder Analysezeitraum |
| Aggregierungsintervall | | Dauer Haltestellenaufenthalt |
| Raumbezug | | Topologisch: Linie, Kurs, Haltestelle |
| Metadaten | | Linie, Kurs, Haltestelle Beobachtungszeitraum |
| Datenqualität | Thematische Genauigkeit | nicht definiert |
| | Zeitliche Genauigkeit | nicht definiert |
| | Lagegenauigkeit | nicht definiert |
| | Aktualität | nicht definiert |
| | Vollständigkeit | nicht definiert |
| Bemerkungen | | |

III.29 Anzahl Fahrgäste

| | | |
|---------------------------------|--------------------------------|--|
| Bezeichnung | | Anzahl Fahrgäste |
| Abkürzung / Einheit | | $N_{\text{Fahrgäste}}$ Pers./Fz, Pers./h |
| Beschreibung Dateninhalt | | Anzahl Personen, die sich auf der Strecke zwischen zwei Haltestellen und im Fahrzeug befinden. |
| Verwendungszweck VM | | Verkehrsplanung (offline) |
| Datenherkunft | | Berechnung anhand der Ein-/Aussteiger |
| Verkehrssystem | | Öffentlicher Personenverkehr |
| Zeitbezugsart | | Eindeutig, Abhängig von Kurs oder Analysezeitraum |
| Aggregierungsintervall | | Einzelfahrzeugbetrachtung oder bezogen auf eine Stunde |
| Raumbezug | | Topologisch: Linie, Kurs, Abschnitt zwischen Haltestelle A und B |
| Metadaten | | Linie, Kurs Abschnitt zwischen Haltestellen Zeitliche Gültigkeit |
| Datenqualität | Thematische Genauigkeit | nicht definiert |
| | Zeitliche Genauigkeit | nicht definiert |
| | Lagegenauigkeit | nicht definiert |
| | Aktualität | nicht definiert |
| | Vollständigkeit | nicht definiert |
| Bemerkungen | | |

III.30 Auslastungsgrad öV

| | | |
|---------------------------------|--------------------------------|--|
| Bezeichnung | | Auslastungsgrad öV |
| Abkürzung / Einheit | | $A_{\text{öV}}$ % |
| Beschreibung Dateninhalt | | Anzahl Fahrgäste bezogen auf die Kapazität eines Fahrzeugs bzw. Kurses oder einer Linie zwischen zwei Haltestellen |
| Verwendungszweck VM | | Verkehrsinformation Verkehrszustand und Prognose Verkehrsplanung (offline) |
| Datenherkunft | | Berechnung anhand der Kapazität und der Anzahl Fahrgäste |
| Verkehrssystem | | Öffentlicher Personenverkehr |
| Zeitbezugsart | | Eindeutig, abhängig von Kurs oder Analysezeitraum |
| Aggregierungsintervall | | Einzelfahrzeugbetrachtung oder bezogen auf eine Stunde |
| Raumbezug | | Topologisch: Linie, Kurs, Abschnitt zwischen Haltestellen A und B |
| Metadaten | | Linie, Kurs Abschnitt zwischen Haltestellen Zeitliche Gültigkeit |
| Datenqualität | Thematische Genauigkeit | nicht definiert |
| | Zeitliche Genauigkeit | nicht definiert |
| | Lagegenauigkeit | nicht definiert |
| | Aktualität | nicht definiert |
| | Vollständigkeit | nicht definiert |
| Bemerkungen | | |

III.31 Wartezeit Haltestelle

| | | |
|---------------------------------|--------------------------------|---|
| Bezeichnung | | Wartezeit Haltestelle |
| Abkürzung / Einheit | | T_w min |
| Beschreibung Dateninhalt | | Zeit zwischen Ankunft an der Haltestelle und Abfahrt des Fahrzeugs |
| Verwendungszweck VM | | Kollektive Verkehrsinformation durch Haltestelleninformationssysteme Individuelle Verkehrsinformation durch Routingdienste |
| Datenherkunft | | Berechnung anhand Fahrplan |
| Verkehrssystem | | Öffentlicher Personenverkehr |
| Zeitbezugsart | | Eindeutig (bei Ankunft an der Haltestelle zu einem bestimmten Zeitpunkt $T(x)$ für einen bestimmten Kurs / Linie) |
| Aggregierungsintervall | | Gültigkeit für einen bestimmten (Zeitpunkt $T(x)$) Kurs / Linie |
| Raumbezug | | Topologisch: Linie, Haltestelle, Kurs |
| Metadaten | | Lage und Bezeichnung der Haltestelle Linie, Kurs Zeitliche Gültigkeit |
| Datenqualität | Thematische Genauigkeit | nicht definiert |
| | Zeitliche Genauigkeit | nicht definiert |
| | Lagegenauigkeit | nicht definiert |
| | Aktualität | nicht definiert |
| | Vollständigkeit | nicht definiert |
| Bemerkungen | | |

III.32 Fahrplanabweichung

| | | |
|---------------------------------|--------------------------------|--|
| Bezeichnung | | Fahrplanabweichung |
| Abkürzung / Einheit | | Δ FP min |
| Beschreibung Dateninhalt | | Zeitdifferenz zwischen tatsächlicher und fahrplanmässiger Ankunft/Abfahrt |
| Verwendungszweck VM | | Verkehrsinformation |
| Datenherkunft | | Betriebsleitsystem des Verkehrsbetriebes |
| Verkehrssystem | | Öffentlicher Personenverkehr |
| Zeitbezugsart | | Eindeutig (bei Ankunft an der Haltestelle zu einem bestimmten Zeitpunkt T(x), für einen bestimmten Kurs / Linie) |
| Aggregierungsintervall | | Gültigkeit für einen bestimmten Zeitpunkt T(x) |
| Raumbezug | | Topologisch: Linie, Haltestelle, Kurs |
| Metadaten | | Lage und Bezeichnung der Haltestelle Linie, Kurs Zeitliche Gültigkeit |
| Datenqualität | Thematische Genauigkeit | nicht definiert |
| | Zeitliche Genauigkeit | nicht definiert |
| | Lagegenauigkeit | nicht definiert |
| | Aktualität | nicht definiert |
| | Vollständigkeit | nicht definiert |
| Bemerkungen | | |

III.33 Anzahl Einfahrten

| | | |
|---------------------------------|--------------------------------|--|
| Bezeichnung | | Anzahl Einfahrten |
| Abkürzung / Einheit | | Fz _{Aus} Fz/h, Fz/min |
| Beschreibung Dateninhalt | | Anzahl Fahrzeuge, die innerhalb des Beobachtungszeitraums T in ein Parkhaus/Parkplatz einfahren. |
| Verwendungszweck VM | | Für Berechnung Anzahl freie Plätze oder Auslastungsgrad |
| Datenherkunft | | Parkplätze, Parkhäuser, Raststätten, Warteraum Schwerverkehr, die über Verkehrserfassung verfügen |
| Verkehrssystem | | Ruhender Verkehr |
| Zeitbezugsart | | Nicht eindeutig, Summe für Beobachtungsintervall |
| Aggregierungsintervall | | 1 Minute für Anzeige Parkleitsystem 5 Minuten für Verkehrslage und Prognose 1 Stunde für Verkehrsstatistik |
| Raumbezug | | Topologisch: Bezogen auf einzelne Anlage (Parkhaus, Parkplatz) |
| Metadaten | | Lage und Bezeichnung der Anlage Beobachtungszeitraum |
| Datenqualität | Thematische Genauigkeit | nicht definiert |
| | Zeitliche Genauigkeit | nicht definiert |
| | Lagegenauigkeit | nicht definiert |
| | Aktualität | nicht definiert |
| | Vollständigkeit | nicht definiert |
| Bemerkungen | | |

III.34 Anzahl Ausfahrten

| | | | |
|---------------------------------|--------------------------------|--|--------------|
| Bezeichnung | | Anzahl Ausfahrten | |
| Abkürzung / Einheit | | Fz _{Ein} | Fz/h, Fz/min |
| Beschreibung Dateninhalt | | Anzahl Fahrzeuge, die innerhalb des Beobachtungszeitraums T aus einem Parkhaus/Parkplatz ausfahren. | |
| Verwendungszweck VM | | Für Berechnung Anzahl freie Plätze oder Auslastungsgrad | |
| Datenherkunft | | Parkplätze, Parkhäuser, Raststätten, Warteraum Schwerverkehr, die über Verkehrserfassung verfügen | |
| Verkehrssystem | | Ruhender Verkehr | |
| Zeitbezugsart | | Nicht eindeutig, Summe für Beobachtungsintervall | |
| Aggregierungsintervall | | 1 Minute für Anzeige Parkleitsystem 5 Minuten für Verkehrslage und Prognose 1 Stunde für Verkehrsstatistik | |
| Raumbezug | | Topologisch: Bezogen auf einzelne Anlage (Parkhaus, Parkplatz) | |
| Metadaten | | Lage und Bezeichnung der Anlage Beobachtungszeitraum | |
| Datenqualität | Thematische Genauigkeit | nicht definiert | |
| | Zeitliche Genauigkeit | nicht definiert | |
| | Lagegenauigkeit | nicht definiert | |
| | Aktualität | nicht definiert | |
| | Vollständigkeit | nicht definiert | |
| Bemerkungen | | | |

III.35 Kapazität Stellplätze

| | | | |
|---------------------------------|--------------------------------|---|--------|
| Bezeichnung | | Kapazität Stellplätze (Parkplätze) | |
| Abkürzung / Einheit | | PP _{gesamt} | Plätze |
| Beschreibung Dateninhalt | | Anzahl der Stellplätze in einem Parkhaus/Parkplatz oder Gebiet | |
| Verwendungszweck VM | | Für Berechnung von Auslastungsgrad und Anzahl der freien Stellplätze | |
| Datenherkunft | | Angaben der Betreiber | |
| Verkehrssystem | | Ruhender Verkehr | |
| Zeitbezugsart | | unbestimmt | |
| Aggregierungsintervall | | | |
| Raumbezug | | Topologisch: Bezogen auf Anlage (Parkhaus, Parkplatz) oder auf ein Gebiet (z.B. Innenstadt) | |
| Metadaten | | Lage und Bezeichnung der Anlage Zeitliche Gültigkeit | |
| Datenqualität | Thematische Genauigkeit | nicht definiert | |
| | Zeitliche Genauigkeit | nicht definiert | |
| | Lagegenauigkeit | nicht definiert | |
| | Aktualität | nicht definiert | |
| | Vollständigkeit | nicht definiert | |
| Bemerkungen | | | |

III.36 Anzahl belegte Stellplätze

| | | | |
|---------------------------------|--------------------------------|--|--------|
| Bezeichnung | | Anzahl belegte Stellplätze | |
| Abkürzung / Einheit | | PP _{belegt} | Plätze |
| Beschreibung Dateninhalt | | Anzahl der belegten Stellplätze in einem Parkhaus/Parkplatz oder Gebiet (Gültigkeit zu einem bestimmten Zeitpunkt t ₀) | |
| Verwendungszweck VM | | Für Berechnung Anzahl freie Plätze oder Auslastungsgrad | |
| Datenherkunft | | Parkleitreechner Warteraum Schwerverkehr | |
| Verkehrssystem | | Ruhender Verkehr | |
| Zeitbezugsart | | Nicht eindeutig, Summe für Beobachtungsintervall | |
| Aggregierungsintervall | | 1 Minute für Anzeige Parkleitsystem 5 Minuten für Verkehrslage und Prognose 1 Stunde für Verkehrsstatistik | |
| Raumbezug | | Topologisch: Bezogen auf Anlage (Parkhaus, Parkplatz) oder auf ein Gebiet (z.B. Innenstadt) | |
| Metadaten | | Lage und Bezeichnung der Anlage Zeitliche Gültigkeit | |
| Datenqualität | Thematische Genauigkeit | nicht definiert | |
| | Zeitliche Genauigkeit | nicht definiert | |
| | Lagegenauigkeit | nicht definiert | |
| | Aktualität | nicht definiert | |
| | Vollständigkeit | nicht definiert | |
| Bemerkungen | | | |

III.37 Anzahl freie Stellplätze

| | | | |
|---------------------------------|--------------------------------|--|--------|
| Bezeichnung | | Anzahl freie Stellplätze | |
| Abkürzung / Einheit | | PP _{frei} | Plätze |
| Beschreibung Dateninhalt | | Anzahl der freien Stellplätze in einem Parkhaus/Parkplatz oder Gebiet (Gültigkeit zu einem bestimmten Zeitpunkt t ₀) | |
| Verwendungszweck VM | | Anzeige Parkleitsystem | |
| Datenherkunft | | Parkleitreechner Warteraum Schwerverkehr | |
| Verkehrssystem | | Ruhender Verkehr | |
| Zeitbezugsart | | Nicht eindeutig, Summe für Beobachtungsintervall | |
| Aggregierungsintervall | | 1 Minute für Anzeige Parkleitsystem 5 Minuten für Verkehrslage und Prognose 1 Stunde für Verkehrsstatistik | |
| Raumbezug | | Topologisch: Bezogen auf Anlage (Parkhaus, Parkplatz) oder auf ein Gebiet (z.B. Innenstadt) | |
| Metadaten | | Lage und Bezeichnung der Anlage Zeitliche Gültigkeit | |
| Datenqualität | Thematische Genauigkeit | nicht definiert | |
| | Zeitliche Genauigkeit | nicht definiert | |
| | Lagegenauigkeit | nicht definiert | |
| | Aktualität | nicht definiert | |
| | Vollständigkeit | nicht definiert | |
| Bemerkungen | | | |

III.38 Auslastungsgrad Parkhaus / Parkplatz

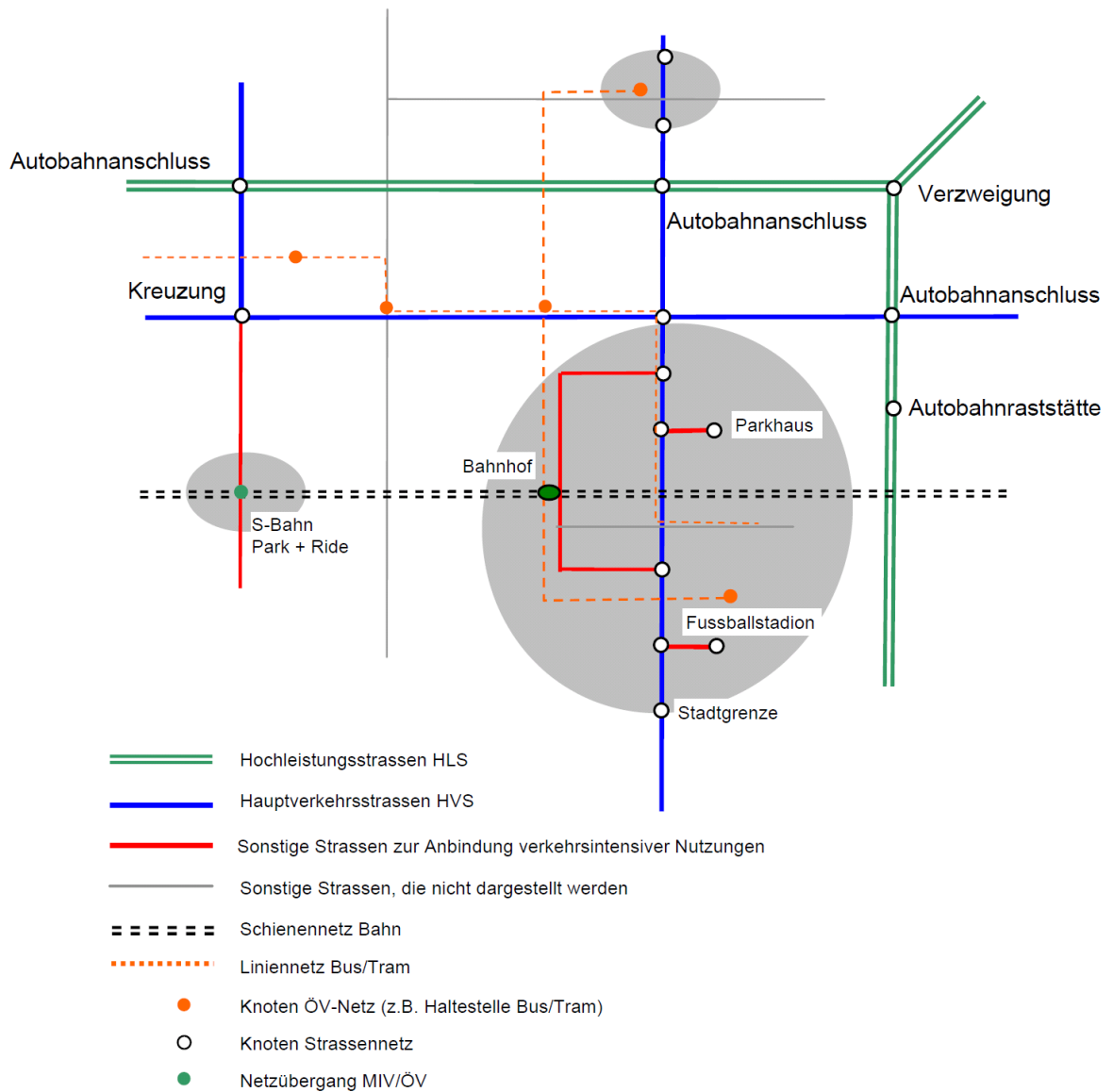
| | | |
|---------------------------------|--------------------------------|---|
| Bezeichnung | | Auslastungsgrad Parkhaus / Parkplatz |
| Abkürzung / Einheit | | A_{PP} % |
| Beschreibung Dateninhalt | | Anteil der belegten Stellplätze in einem Parkhaus/Parkplatz oder Gebiet (Gültigkeit zu einem bestimmten Zeitpunkt t_0) |
| Verwendungszweck VM | | Verkehrsinformation |
| Datenherkunft | | Parkleitreechner Warteraum Schwerverkehr |
| Verkehrssystem | | Ruhender Verkehr |
| Zeitbezugsart | | Nicht eindeutig, Gültigkeit für Beobachtungsintervall |
| Aggregierungsintervall | | 1 Minute für Anzeige Parkleitsystem 5 Minuten für Verkehrslage und Prognose 1 Stunde für Verkehrsstatistik |
| Raumbezug | | Topologisch: Bezogen auf Anlage (Parkhaus, Parkplatz) oder auf ein Gebiet (z.B. Innenstadt) |
| Metadaten | | Lage und Bezeichnung der Anlage Zeitliche Gültigkeit |
| Datenqualität | Thematische Genauigkeit | nicht definiert |
| | Zeitliche Genauigkeit | nicht definiert |
| | Lagegenauigkeit | nicht definiert |
| | Aktualität | nicht definiert |
| | Vollständigkeit | nicht definiert |
| Bemerkungen | | |

III.39 Suchzeit für Abstellplatz

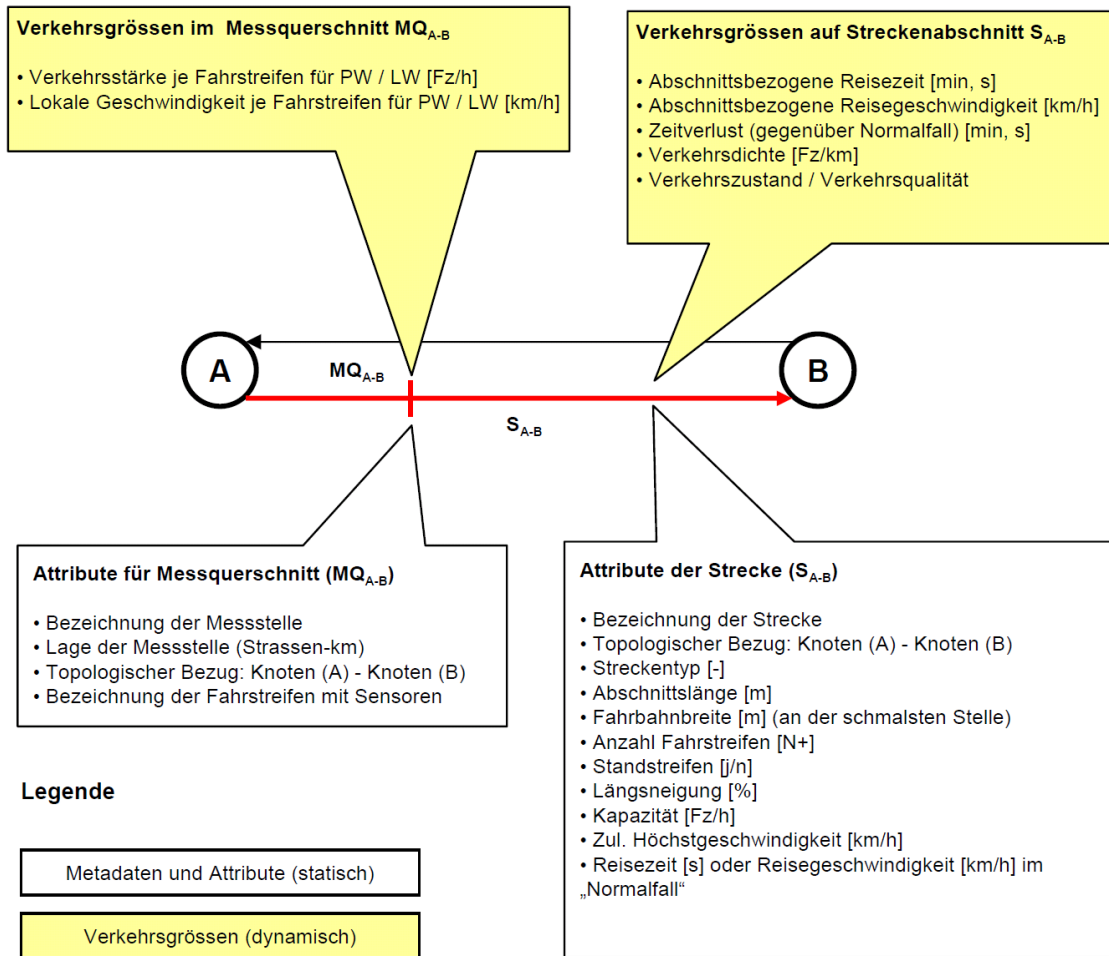
| | | |
|---------------------------------|--------------------------------|---|
| Bezeichnung | | Suchzeit für Abstellplatz |
| Abkürzung / Einheit | | T_s min |
| Beschreibung Dateninhalt | | Mittlerer Zeitbedarf für die Suche eines Parkplatzes (abhängig von Verkehrslage, daher Gültigkeit zu einem bestimmten Zeitpunkt t_0) |
| Verwendungszweck VM | | Element der komplexen Reisezeit (für individuelle Verkehrsinformation) |
| Datenherkunft | | Verkehrsmodell |
| Verkehrssystem | | Ruhender Verkehr |
| Zeitbezugsart | | Eindeutig, abhängig vom Zeitpunkt $T(x)$ des Fahrtantritts |
| Aggregierungsintervall | | Gültigkeit für einen bestimmten Zeitpunkt $T(x)$ |
| Raumbezug | | Topologisch: Bezogen auf einen bestimmten Zielort |
| Metadaten | | Lage und Bezeichnung des Zielorts Zeitliche Gültigkeit |
| Datenqualität | Thematische Genauigkeit | nicht definiert |
| | Zeitliche Genauigkeit | nicht definiert |
| | Lagegenauigkeit | nicht definiert |
| | Aktualität | nicht definiert |
| | Vollständigkeit | nicht definiert |
| Bemerkungen | | |

IV Ortsbezug der Verkehrsdaten

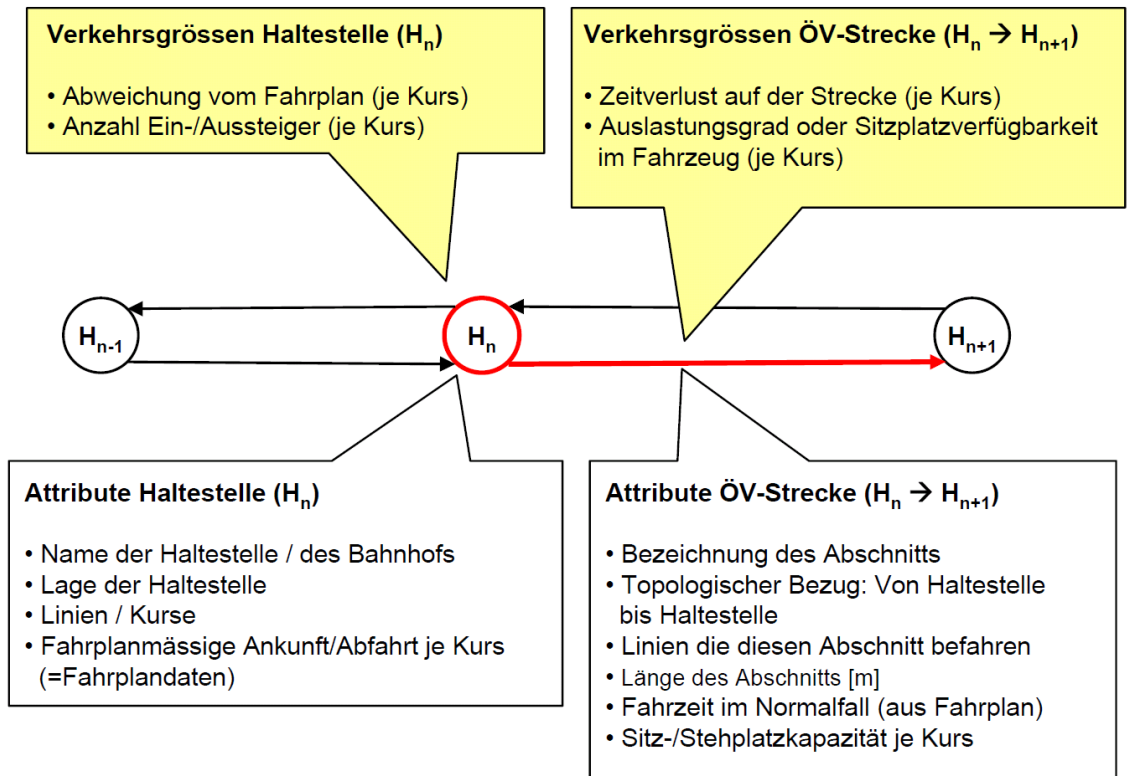
IV.1 Netz für Verkehrsmanagement



IV.2 Verkehrsgrößen auf der Strecke



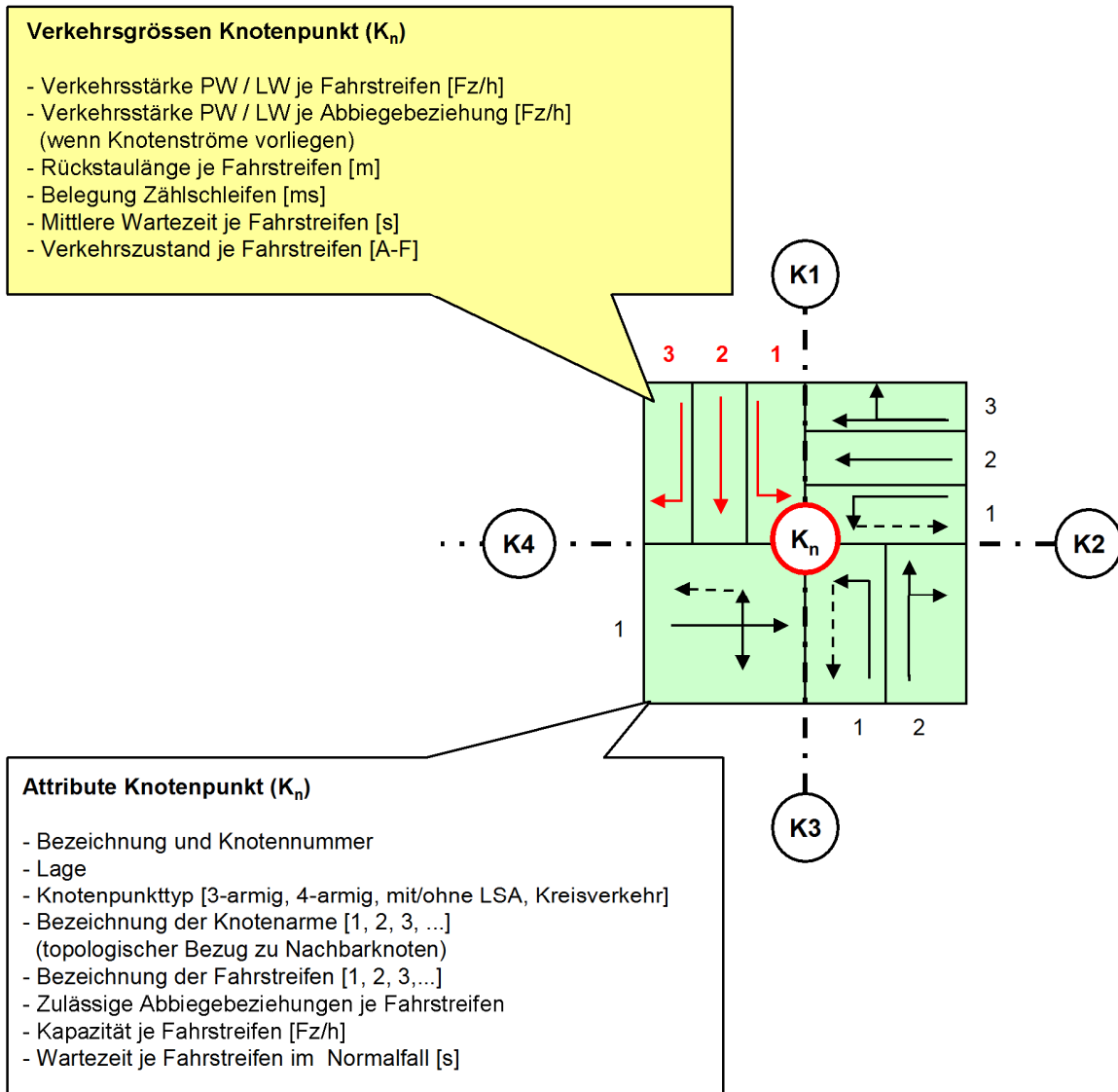
IV.3 Verkehrsgrößen im öV-Liniennetz



Legende

- Metadaten und Attribute (statisch)
- Verkehrsgrößen (dynamisch)

IV.4 Verkehrsgrößen in höhengleichen Knotenpunkten

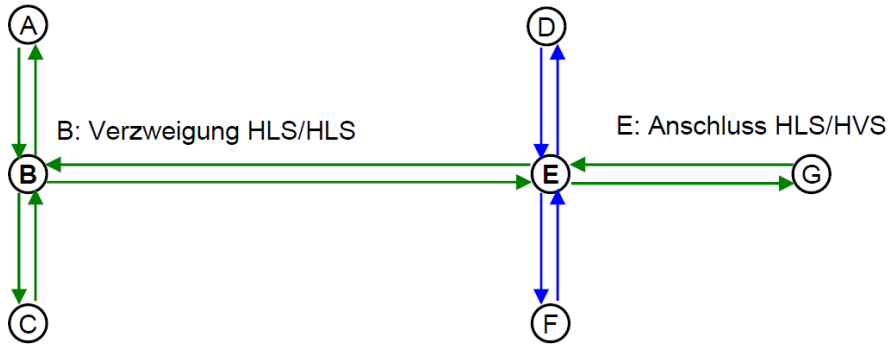


Legende

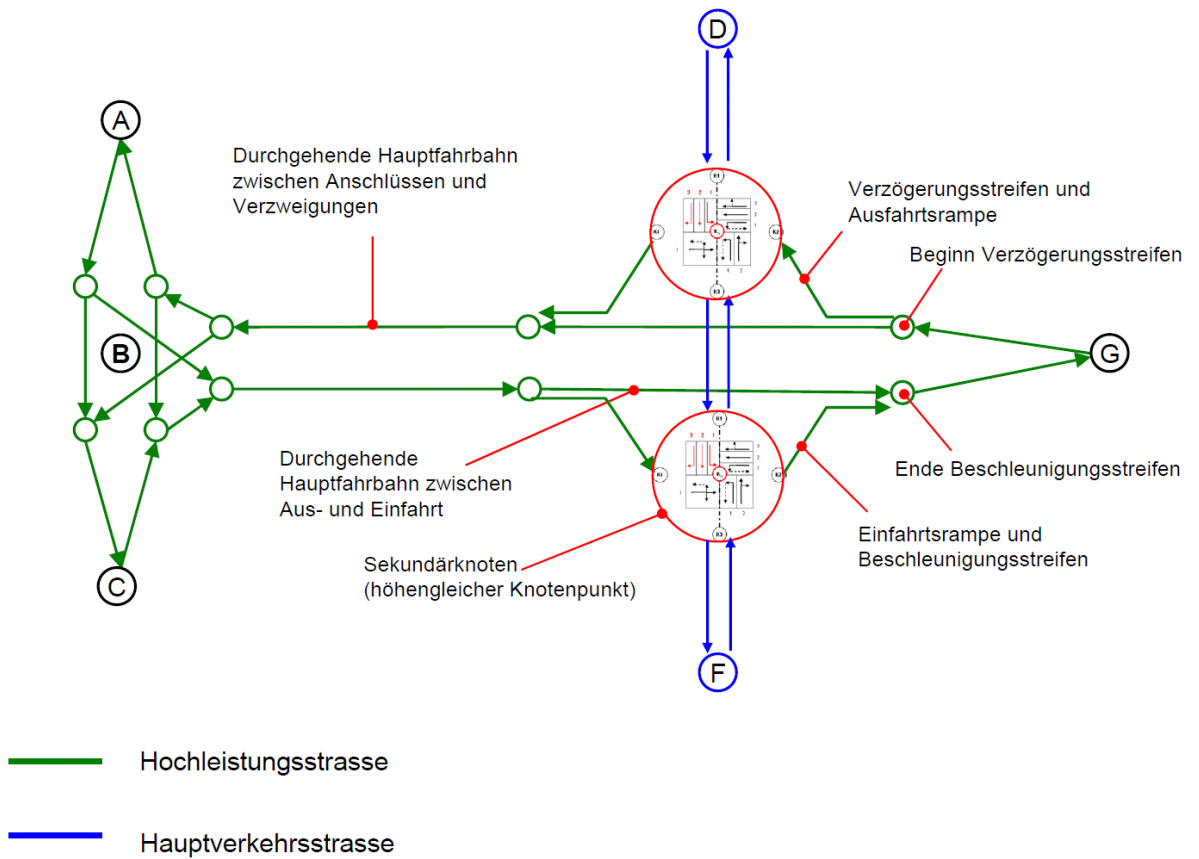
| |
|------------------------------------|
| Metadaten und Attribute (statisch) |
| Verkehrsgrößen (dynamisch) |

IV.5 Darstellung von niveaufreien Knotenpunkten

A: Vereinfachte Darstellung



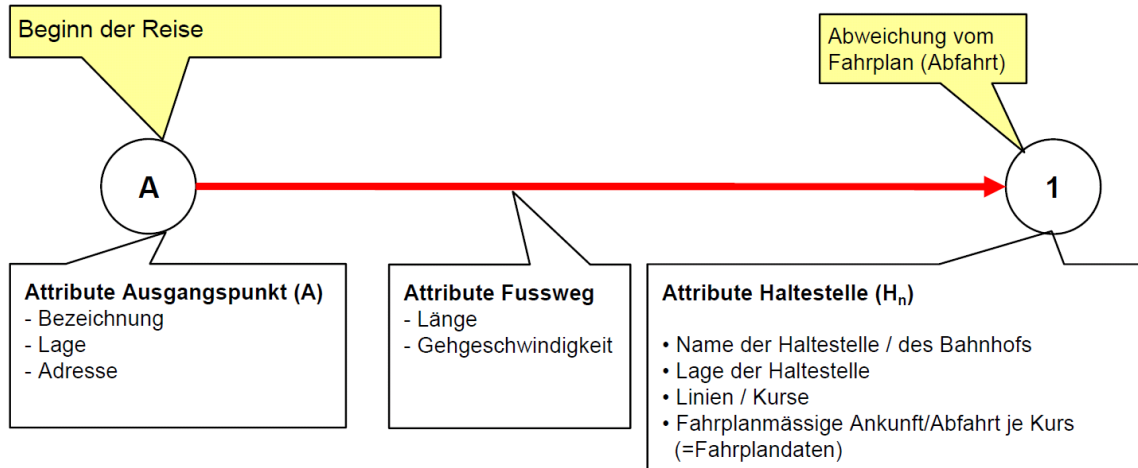
B: Darstellung mit aufgelösten Knotenpunkten



IV.6 Verkehrsgrößen für den Fussgängerverkehr

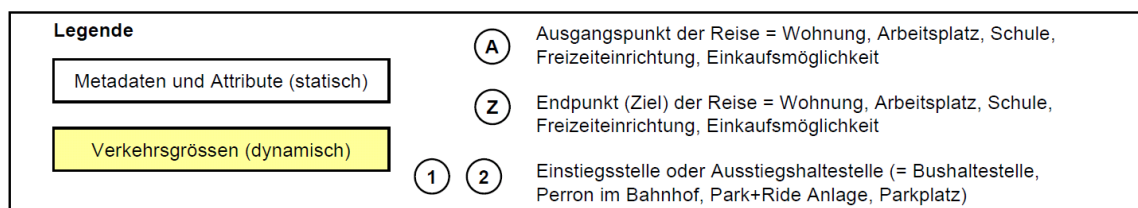
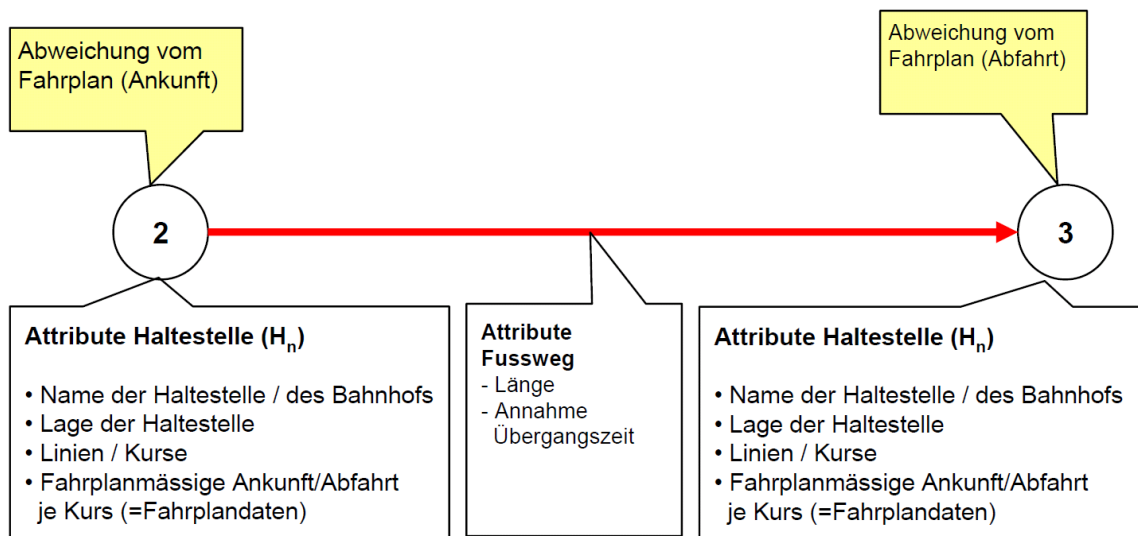
Zugang

Fussweg zwischen Ausgangspunkt (Wohnung, Arbeitsplatz, Freizeiteinrichtung) und Einstiegspunkt (Bahnhof, Haltestelle)



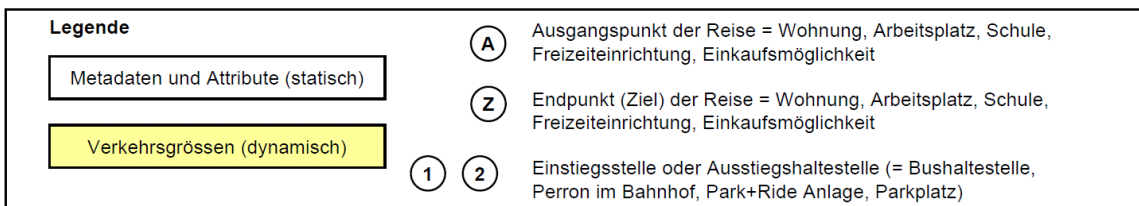
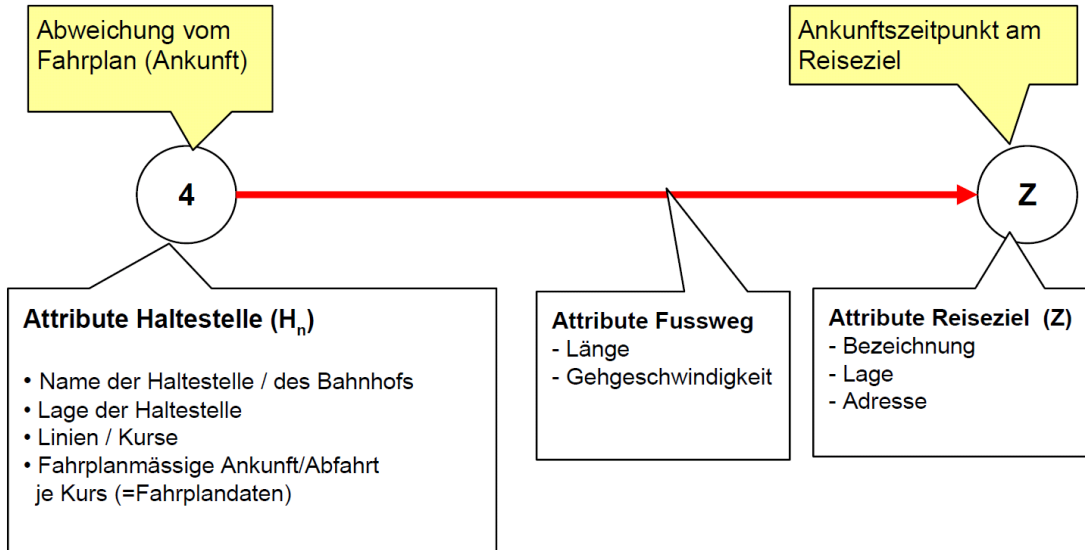
Übergang

Fussweg zwischen Ausstiegspunkt und Einstiegspunkt (Bahnhof, Haltestelle, Park+Ride)



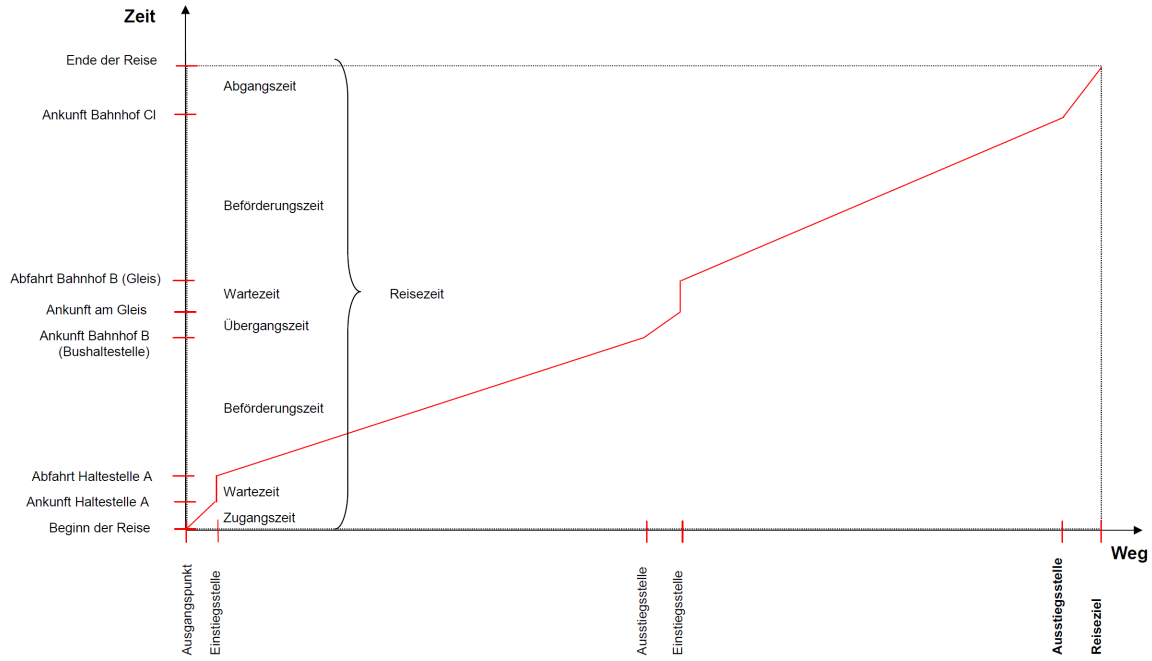
Abgang

Fussweg zwischen Ausstiegsstelle (Bahnhof, Haltestelle) und Ziel der Reise (Wohnung, Arbeitsplatz, Freizeiteinrichtung)

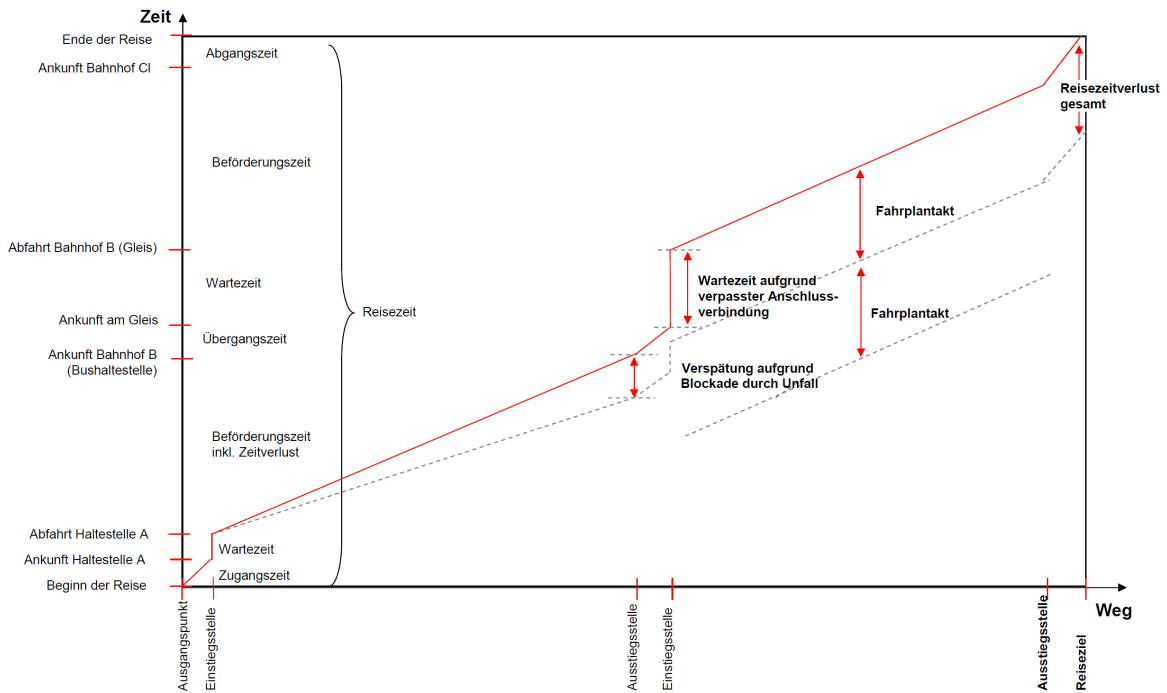


V Darstellung der komplexen Reisezeit

V.1 Reisezeit im Normalfall



V.2 Reisezeit aufgrund der tatsächlichen Situation (inkl. Verspätung)



Abkürzungen

| Begriff | Erklärung |
|----------------|--|
| ANPR | Automatic number plate recognition (Automatische Nummerschild Wiedererkennung) |
| ASTRA | Bundesamt für Strassen |
| FCD | Floating Car Data |
| FPD | Floating Phone Data |
| GSM | Global System for Mobile Communications |
| GPRS | General Packet Radio Service |
| GPS | Global Positioning System |
| LSA | Lichtsignalanlage |
| HLS | Hochleistungsstrasse |
| HVS | Hauptverkehrsstrasse |
| LW | Lastwagen |
| PW | Personenwagen |
| RBL | Rechnergestütztes Betriebsleitsystem |
| IV | Individualverkehr |
| öV | Öffentlicher Verkehr |
| ÖPNV | Öffentlicher Personennahverkehr |
| VBA | Verkehrsbeeinflussungsanlage |
| VM-CH | Verkehrsmanagement Schweiz |
| VMP | Verkehrsmanagementplan |
| VMZ-CH | Verkehrsmanagementzentrale Schweiz (ASTRA) |

Literaturverzeichnis

- [1] VSS, SN 640 017a Leistungsfähigkeit, Verkehrsqualität, Belastbarkeit, Grundlagennorm, 1998
- [2] VSS, SN 640 018a Leistungsfähigkeit, Verkehrsqualität, Belastbarkeit, Freie Strecke auf Autobahnen, 2006
- [3] VSS, SN 640 020 Leistungsfähigkeit, Verkehrsqualität, Belastbarkeit, Hauptverkehrsstrassen und Verbindungsstrassen, 2006
- [4] VSS, SN 640 781 Verkehrsmanagement; Begriffssystematik, 2006
- [5] VSS, SN 640 781 Verkehrsmanagement; Begriffssystematik, 2006
- [6] VSS, SN 640 910 Räumliches Bezugssystem für Strassendaten, 1989
- [7] VSS, SN 640 910-5 Strasseninformationssystem: Metadaten des Raumbezugs, 2008
- [8] VSS, SN 640 911 Strasseninformationssystem: Linearer Bezug, Grundnorm, 2006
- [9] VSS, SN 640 912 Strasseninformationssystem: Linearer Bezug, Räumliches Basis-Bezugssystem, 2005
- [10] VSS, SN 640 914 Strasseninformationssystem: Linearer Bezug, Netze und ihre Topologie, 2006
- [11] VSS, SN 640 940 Katalog für Strassendaten, Grundsätze, 1993
- [12] VSS, SN 640 948 Katalog für Verkehrsdaten, Grundlagen, 2001
- [13] VSS, SN 640 948-1 Katalog für Verkehrsdaten, Stammdaten, 2001
- [14] VSS, SN 640 948-2 Katalog für Verkehrsdaten, Verkehrswerte in Zeitreihen, 2001
- [15] VSS, SN 671 831 Strassenverkehrstelematik; Grundlagennorm, 1999
- [16] VSS, SN 671 921 Strassenverkehrstelematik; Standardisierte Verkehrsinformation, 2005
- [17] VSS, SN 671 951 Strassenverkehrstelematik, Funktionale Systemarchitektur, Entwurf
- [18] VSS, SN 671 941 Strassenverkehrstelematik; Referenzierung für Verkehrsdaten und Verkehrsinformationen, 2009
- [19] Bundesamt für Strassen ASTRA, Richtlinie: Verkehrszähler, www.astra.admin.ch, 2009
- [20] Bundesamt für Strassen ASTRA, Richtlinie: Verkehrsmanagement in der Schweiz VM-CH, www.astra.admin.ch, 2008
- [21] Bundesamt für Strassen ASTRA, Weisung: Daten für das Verkehrsmanagement Schweiz, www.astra.admin.ch, 2009
- [22] Bundesamt für Strassen ASTRA, Lastenhefte und Technische Beschreibungen MISTRA (Astra intern), 2005
- [23] U.S. Federal Highway Administration FHWA, Guideline for Traffic Data Quality Measurement, 2004
- [24] Transportation Research Board TRB, Highway Capacity Manual HCM, 2000
- [25] Bundesanstalt für Strassenwesen BASt, Technische Lieferbedingungen für Streckenstationen TLS 2002
- [26] Forschungsgesellschaft für Strassen und Verkehrswesen FGSV, Handbuch für die Bemessung von Strassenverkehrsanlagen HBS, FGSV-Verlag, Ausgabe 2001, Fassung 2009
- [27] Bundesanstalt für Strassenwesen BASt, Merkblatt für die Ausstattung von Verkehrsrechnerzentralen und Unterzentralen MARZ, BASt, 1999
- [28] Verband Deutscher Verkehrsunternehmen VDV, Standardschnittstelle Linien-netz/Fahrplan, Schrift 452, 03/2008
- [29] Casimir de Rham, Incident Detection with Floating Car Data, ITS Kongress Madrid 2004

- [30] Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, Forschungsinitiative VM2010, Projektbeschreibungen und vorläufige Ergebnisse unter <http://www.vm2010.de>.
- [31] Kühne, R. et al. FGSV-Merkblatt: Das Fundamentaldiagramm – Grundlagen und Anwendungen, FGSV-Verlag, Bonn, 2005
- [32] Schnabel, W.; Lohse, D. Grundlagen der Strassenverkehrstechnik und der Verkehrsplanung, Band I + Band II Verlag für Bauwesen, Berlin, 1997
- [33] Brilon W., Zurlinden, H.; Kapazität von Straßen als Zufallsgrösse – Strassenverkehrstechnik, 4.2004
- [34] Brilon, W.: Traffic Flow Analysis Beyond, Traditional Methods, Proceedings of the 4th International Symposium on Highway Capacity, Transportation Research Board, Washington D.C. 2000
- [35] De Rham, C.; Schwarz, R., Schaufelberger, W. Kurzfristprognosen für Verkehrsmodelle, Forschungsauftrag ASTRA 2006/019, International University of Monaco, B+S AG Bern, 2007
- [36] R+P, Rapp Trans, Carte Blanche, weitere Trans3, EU-Pilotprojekt im Dreiländereck CH, D, F in Zusammenarbeit mit ASTRA, ARE, BW, BS/BL (2000 - 2002)
- [37] Lorkowski, Stefan; Fusion von Verkehrsdaten mit Mikromodellen am Beispiel von Autobahnen, Dissertation TU Berlin, 2009
- [38] <http://www.tpeg.org/.org>, Webseite von TISA (Traveller Information Service Association)
- [39] <http://www.its-europe.org/> (ERTICO)
- [40] <http://www.openlr.org>, Webseite des Open LR Projekts

Projektabschluss



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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

FORSCHUNG IM STRASSENWESEN DES UVEK

ARAMIS SBT

Formular Nr. 3: Projektabschluss

erstellt / geändert am: 20.01.2011

Grunddaten

Projekt-Nr.: VSS 2006 / 905

Projekttitel: Standardisierte Verkehrsdaten für das verkehrsträgerübergreifende Verkehrsmanagement

Enddatum: 31.12.2010

Texte:

Zusammenfassung der
Projektresultate:

Im Rahmen des vorliegenden Forschungsauftrags werden anhand konkreter Anwendungsfälle aus dem operativen Verkehrsmanagement die Anforderungen an Inhalt, Struktur und Qualität der jeweils erforderlichen Verkehrsdaten formuliert und in Form eines Datenkatalogs (Anhang IV) festgehalten. Dabei ist der Fokus auf die Verkehrsgrößen gerichtet, also auf jene Teilmenge der Verkehrsdaten welche entweder direkt durch eine Messung erhoben oder auf der Basis von verschiedenen Messwerten berechnet werden.

Eingangs (Kapitel 2 und 3) werden die für die verschiedenen Verkehrssysteme relevanten Verkehrsgrößen und die jeweils eingesetzten Erfassungstechnologien identifiziert und beschrieben. Im Kapitel 4 werden die Anforderungen an Inhalte, Struktur und Qualität aus Sicht des Verkehrsmanagements beschrieben. Im Kapitel 5 wird ein Lösungskonzept für die verkehrsträgerübergreifende Nutzung von Verkehrsgrößen vorgeschlagen. Darin werden die für den jeweiligen Verwendungszweck erforderlichen Verkehrsgrößen und Erfassungssysteme, sowie die für eine verkehrsträgerübergreifenden Verwendung notwendigen organisatorischen Voraussetzung aufgeführt.

Zielerreichung:

Das wesentliche Ziel des Forschungsauftrags war die Erarbeitung eines Datenkatalogs. Dieses Ziel wurde erreicht. Der Datenkatalog (im Anhang des Forschungsberichts) listet die für das Verkehrsmanagement relevanten Verkehrsgrößen auf und macht Angaben zu Inhalt,



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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

Verwendungszweck, Zeit- und Raumbezug und teilweise auch zu Qualitätsanforderungen.

Die Frage nach konkreten zahlenmässigen Anforderungen für die verschiedenen Qualitätskriterien der Verkehrsgrössen konnte nicht für alle Daten beantwortet werden. Insbesondere bei den streckenbezogene Verkehrsgrössen die mit neuen Technologien wie Floating Car Data erfasst werden, gibt es noch keine oder sehr wenig Erfahrungen welche Datenqualität tatsächlich möglich ist. Nach Ansicht der Verfasser sind hierfür umfangreiche Feldversuche mit verschiedenen Erfassungstechnologien erforderlich. Ein solches Vorhaben war im vorgegeben Rahmen des Forschungsauftrages jedoch nicht durchführbar.

Folgerungen und
Empfehlungen:

Eine wesentlich Erkenntnis aus dem Forschungsauftrag ist, dass es trotz der grossen Unterschiede zwischen den einzelnen Verkehrsträgern bestimmte Verkehrsgrössen bzw. Kenngrössen gibt, die sehr gut für die Zwecke des verkehrsträgerübergreifenden Verkehrsmanagements eingesetzt werden können. Aus Sicht der Verkehrsteilnehmer ist dies, vor allem im Zusammenhang mit der pre-trip Information, die komplexe Reisezeit für Wegekettten. Aus Sicht der Betreiber ist die Verkehrsleistung und die Verkehrsqualität ein wichtiges Kriterium für die Auswahl von Lenkungsmassnahmen, die Empfehlungen im Rahmen der Verkehrsinformation, aber auch für die Beurteilung von Nutzen und Wirksamkeit von Verkehrsmanagementmassnahmen.

Es wird vorgeschlagen den Datenkatalog (Anhang IV im Forschungsbericht) als Grundlage für eine Normierung zu verwenden.

Publikationen:

Forschungsbericht: VSS 2006 / 905 Standardisierte Verkehrsdaten für das verkehrsträgerübergreifende Verkehrsmanagement



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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

Beurteilung der Begleitkommission:

Diese Beurteilung der Begleitkommission ersetzt die bisherige separate fachliche Auswertung.

| | |
|----------------------------------|---|
| Beurteilung: | <p>Das Forschungsprojekt hat die seit längerem identifizierte Lücke einer systemunabhängigen Beschreibung der Verkehrsdaten für das verkehrsträgerübergreifende Verkehrsmanagement geschlossen. Das anwendungsfallbasierte Vorgehen für die Ermittlung der Anforderungen stellte sicher, dass die Resultate praxisbezogen erarbeitet wurden.</p> <p>Das vorliegende Resultat erscheint plausibel und gut strukturiert. Interessant ist die Erkenntnis, dass im Datenkatalog durchaus Elemente identifiziert wurden, die gut für die Zwecke eines verkehrsträgerübergreifenden Verkehrsmanagements genutzt werden können. Die Fokussierung auf die Verkehrsgrößen ist aus der Sicht der Begleitkommission sinnvoll, da in diesem Bereich der grösste Nutzen einer zukünftigen Standardisierung erzielt werden kann.</p> <p>Die Frage nach konkreten Anforderungen für die Qualitätskriterien konnte leider nicht beantwortet werden. In Anbetracht der Untersuchungsbreite und des dafür notwendigen Aufwands für eine seriöse Bearbeitung muss dieses Thema in einem zukünftigen Forschungsvorhaben behandelt werden.</p> |
| Umsetzung: | <p>Die Erkenntnisse aus dem Forschungsprojekt sollten in der Praxis bei der Beschaffung neuer oder bei der Erneuerung bestehender Verkehrserfassungssysteme berücksichtigt werden. Dafür ist der Datenkatalog inklusive der noch zu vervollständigenden Qualitätskriterien in eine Norm zu überführen.</p> <p>In der Zwischenzeit können der Datenkatalog, die vorhandenen Qualitätskriterien, die Vorgaben zur Ortsreferenzierung sowie die Vorgaben für den Zeitbezug bereits als Grundlage für die Beschreibung von Anforderungen auf der semantischen Ebene verwendet werden.</p> |
| weitergehender Forschungsbedarf: | <p>Eine Untersuchung der Qualitätsanforderungen an Onlineverkehrsdaten sollte in einem zukünftigen Forschungsprojekt angegangen werden. Das Ziel dieses Forschungsprojekts ist die Definition der Prozesse und der Prüfverfahren für die Ermittlung der Qualität von Online erfassten Verkehrsdaten. Bestandteil der Definitionen sind die konkreten Anforderungen in Form von zahlenmässigen Qualitätsvorgaben für Online-Verkehrsdaten. Die Resultate dienen dabei als Grundlage für eine zukünftige Norm, die als Kriterium sowohl bei der Beschaffung und Abnahme von Systemen als auch im laufenden Betrieb angewendet werden soll.</p> |
| Einfluss auf Normenwerk: | <p>Die Erarbeitung einer Schweizer Norm für einen Datenkatalog im angesprochenen Bereich ist sinnvoll. Diese sollte die Eigenschaften und die Qualitätskriterien auf der semantischen Ebene abdecken. Weiterhin gilt es zu prüfen, ob in einer weiteren Norm der Datenkatalog strukturell und inhaltlich auf der konzeptuellen Ebene mit einer standardisierten Beschreibungssprache aufzubereiten wäre.</p> |

Präsident Begleitkommission:

| | | | |
|-----------------------|--------------------------|----------|---------------|
| Name: | Marschal | Vorname: | Claude |
| Amt, Firma, Institut: | Rosenthaler + Partner AG | | |
| Strasse, Nr.: | Feldrebenweg 16 | | |
| PLZ: | 4132 | Email: | cm@rpag.ch |
| Ort: | Muttenz | Telefon: | 061 467 97 00 |
| Kanton, Land: | BL | Fax: | 061 467 97 05 |



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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

Unterschrift Präsident Begleitkommission:

Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen

| Bericht-Nr. | Projekt Nr. | Titel | Datum |
|-------------|----------------|--|-------|
| 642 | AGB 2002/006 | Verbund von Spanngliedern <i>Comportement d'adhérence des unités de précontrainte à torons</i> <i>Bond behaviour of strand tendons for post-tensioning</i> | 2009 |
| 644 | AGB 2005/004 | Hochleistungsfähiger Faserfeinkornbeton zur Effizienzsteigerung bei der Erhaltung von Kunstbauten aus Stahlbeton <i>Béton filtré ultra-performant pour augmenter l'efficacité de la maintenance des ouvrages d'art en béton armé</i> <i>Ultra-High Performance Fiber Reinforced Concrete for increasing efficiency of the maintenance of reinforced concrete road structures</i> | 2010 |
| 1292 | ASTRA 2006/004 | Entwicklung eines Pflanzenöl-Blockheizkraftwerkes mit eigener Ölmühle <i>Développement d'une centrale de cogénération à base d'huile végétale avec propre moulin à huile</i> <i>Development of a vegetable oil block heat and power plant with own oil mill</i> | 2010 |
| 1296 | ASTRA 2007/008 | Swis contribution to the Heavy-Duty Particle Measurement Programme (HD-PMP) <i>Schweizer-Beitrag zum Russpartikel-Messprogramm für schwere Motorwagen (HD-PMP)</i> <i>Contribution de la Suisse au Programme de Mesure des Particules pour voitures automobiles lourdes (HD-PMP)</i> | 2010 |
| 1302 | VSS 1999/131 | Zusammenhang zwischen Bindemittleigenschaften und Schadensbildern des Belages? -(Performance-orientierte Methoden) <i>Relation between binder properties and damage characteristics of pavements ?</i> <i>(Performance orientated methods)</i> | 2010 |
| 1304 | VSS 2004/716 | Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen Schadensprozesse und Zustandsverläufe <i>Processus de dégradation et lois d'évolution</i> <i>Pavement damage processes and performance curves</i> | 2008 |
| 1305 | VSS 2000/457 | Verkehrserzeugung durch Parkieranlagen <i>Génération de trafic par des installations de stationnement</i> <i>Traffic generation of parking facilities</i> | 2009 |
| 1306 | ASTRA 2008/002 | Strassenglätte-Prognosesystem (SGPS) <i>Système de prévision de chaussées glissantes</i> <i>Forecasting Expert System for Road Slipperiness</i> | 2010 |

| | | | |
|------|----------------|---|------|
| 1308 | VSS 2008/201 | Hindernisfreier Verkehrsraum- Anforderungen aus Sicht von Menschen mit Behinderung <i>Espace de rues sans obstacles- Exigences des personnes avec handicap Obstacle free traffic areas- Demands of people with disabilities</i> | 2010 |
| 1309 | VSS 2008/303 | Verkehrsregelungssysteme - Modernisierung von Lichtsignalanlagen <i>Modernisation des feux de signalisation Modernisation of traffic control systems</i> | 2010 |
| 1310 | ASTRA 2007/002 | Beeinflussung der Luftströmung in Strassentunneln im Brandfall <i>Influence du courant d'air longitudinal dans les tunnels routiers en cas d'incendie Influencing the longitudinal airflow in road tunnels in case of fire</i> | 2010 |
| 643 | AGB 2005/014 | Akustische Überwachung einer stark geschädigten Spannbetonbrücke und Zustandserfassung beim Abbruch <i>Surveillance acoustique d'un pont de béton précontraint et évaluation de l'état pendant sa démolition Acoustic monitoring of a prestressed concrete bridge</i> | 2010 |
| 621 | AGB 2005/105 | Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstabauten Szenarien der Gefahrenentwicklung <i>Scénarios de l'évolution des dangers Scenarios of hazard development</i> | 2009 |
| 1280 | ASTRA 2004/016 | Auswirkungen von fahrzeuginternen Informationssystemen auf das Fahrverhalten und die Verkehrssicherheit Verkehrspsychologischer Teilbericht <i>Influence of In-Vehicle Information Systems on Driver Behaviour and Road Safety Report part of traffic psychology Influence des systèmes d'information embarqués sur le comportement de conduite et la sécurité routière Rapport partiel de la psychologie de circulation</i> | 2010 |
| 1290 | VSS 1999/209 | Conception et aménagement de passages inférieurs et supérieurs pour piétons et deux-roues légers <i>Entwurf und Gestaltung von Unter- und Überführungen für Fussgänger und leichte Zweiräder Conception and disposition of lower and upper crossings for pedestrians and cyclists</i> | 2008 |
| 1307 | ASTRA 2006/002 | Entwicklung optimaler Mischgüter und Auswahl geeigneter Bindemittel; D-A-CH - Initialprojekt <i>Développement des mélanges bitumineux optimaux et sélection des liants appropriés; D-A-CH - projet initial Development of Optimal Bituminous Mixtures and Selection of Appropriate Binders; D-A-CH - Initiation Project</i> | 2008 |

| | | | |
|------|--------------|---|------|
| 1313 | VSS 2001/201 | Kosten-/Nutzenbetrachtung von Strassenentwässerungssystemen, Ökobilanzierung <i>Profit et coûts, bilans écologiques des systèmes d'évacuation de l'eau de ruissellement des routes</i> <i>Cost and Benefits, ecological balances of different concepts of management and treatment of road run-</i> | 2010 |
| 1314 | VSS 2005/203 | Datenbank für Verkehrsaufkommensraten <i>Banque de données pour taux de génération de trafic</i> <i>Database for trip generation rates</i> | 2008 |
| 1316 | VSS 2001/701 | Objektorientierte Modellierung von Strasseninformationen <i>Modélisation d'objets et de processus pour le système d'information routier</i> <i>Modeling of objects and processes for the road information system</i> | 2010 |
| 1319 | VSS 2000/467 | Auswirkungen von Verkehrsberuhigungsmassnahmen auf die Lärmimmissionen <i>Impact of traffic calming measures on noise immissions</i> <i>Impacts des mesures de modération du trafic sur les</i> | 2010 |
| 1320 | VSS 2007/303 | Funktionale Anforderungen an Verkehrserfassungssysteme im Zusammenhang mit Lichtsignalanlagen <i>Functional requirements for traffic collection systems relating to traffic lights</i> <i>Exigences fonctionnelles en matière de systèmes de détection du trafic en rapport avec les installations de feux de circulation</i> | 2010 |
| 1317 | VSS 2000/469 | Geometrisches Normalprofil für alle Fahrzeugtypen <i>Profil géométrique type pour tous les types de véhicules</i> <i>Standard profile of cross sections for all vehicle types</i> | 2010 |
| 1321 | VSS 2008/501 | Validation de l'oedomètre CRS sur des échantillons intacts <i>Validierung des CRS-Oedometers mittels intakter Proben</i> <i>Validation of Constant Rate of Strain oedometer on intact samples</i> | 2010 |
| 1322 | SVI 2005/007 | Zeitwerte im Personenverkehr: Wahrnehmungs- und Distanzabhängigkeit <i>Coûts horaires du trafic des personnes:</i> <i>Dépendance de la perception et de la distance</i> <i>Willingness to pay in passenger transportation:</i> <i>Perception and distance dependence</i> | 2008 |