

Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)

VSS 1999/265

**Systeme für die automatische Verkehrsüberwachung (Monitoring)
mit digitaler Bildverarbeitung**

VSS 1999/265

**Systèmes de surveillance automatique du trafic (monitorage) par le
traitement digital d'image**

**B+S Ingenieur AG, Bern
W. Schaufelberger, dipl. Ing. ETH
F. Gadiant, dipl. Ing. ETH**

**Amstein+Walthert AG, Zürich
S. Lingwood, dipl. Ing. ETH
D. Rüthemann, dipl. Ing. ETH**

**Forschungsauftrag Nr. VSS1999/265 auf Antrag des Schweizerischen Verbandes der Strassen-
und Verkehrsfachleute (VSS)**

März 2006

Inhaltsübersicht

Zusammenfassung	5
Synopsis	9
1 Aufgabenstellung	18
1.1 Ausgangslage	18
1.2 Auftrag und Ziele	19
1.3 Abgrenzung	20
2 Definition und Begriffe	21
2.1 Definition	21
2.2 Begriffe	22
3 Methode	26
4 Grundlagen	28
4.1 Stand der Technik	28
4.1.1 BAS im Rahmen einer Gesamtanlage	28
4.1.2 Aufbau Bildauswertesysteme	28
4.1.3 Bildauswertung	30
4.1.4 Übertragung von Bilddaten	30
4.1.5 Detektierbare Verkehrsdaten und Ereignisse	32
4.1.6 Applikationen	33
4.1.7 Einsatzorte	33
4.1.8 Erfahrungswerte, Fehlerquoten	34
4.1.9 Einschränkungen, Umwelteinflüsse	34
4.2 Stand der Normierung	35
4.2.1 Schweiz	35
4.2.2 Deutschland	38
4.2.3 Europa	39
4.3 Interviews	39
4.3.1 Interviews mit Betreibern	39
4.3.2 Interviews mit Herstellern	47
5 Handlungsbedarf	49
5.1 Allgemeines	49
5.2 Bedürfnisse	49

6 Voraussetzungen für die Standardisierung	51
6.1 Einsatz von BAS	51
6.2 Eignungskriterien	51
6.3 Einsatzorte	51
6.4 Verwendungszweck	51
6.5 Typologie	53
6.6 Einschränkungen in der Anwendung	54
7 Anforderungen	56
7.1 Grundsätzliche Anforderungen	56
7.2 Verkehrstechnische Anforderungen	56
7.2.1 Beobachtungsraum	56
7.2.2 Qualitätsanforderungen	57
7.3 Inbetriebsetzung und Betrieb	59
7.4 Montagebedingungen	60
7.4.1 Grundsatz	60
7.4.2 Montage	60
7.5 Prüfverfahren	61
7.6 Zertifizierung / Qualitätssicherung	61
7.7 Technische Anforderungen	61
7.7.1 Systemarchitektur	61
7.7.2 Systemanforderung	62
7.7.3 Systemfehlerbehandlung	63
7.7.4 Signalgeber	63
7.7.5 Bildauswertung	63
7.7.6 Bildspeicherung	64
7.7.7 Schnittstellen	64
7.7.8 Meldeverfahren	65
7.7.9 Meldeverhalten	66
7.7.10 Bedienung	67
8 Schlussbemerkungen und Empfehlungen (Ausblick)	68
Literaturverzeichnis	70
Abkürzungsverzeichnis	70

Verzeichnisse

Literaturverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis

Anhänge

1. Richtlinienentwurf für das Verkehrsfernsehen (VTV) für Tunnel und offene Nationalstrassenabschnitte, ASTRA (2003)
2. Norm SN 671 972, Automatische Verkehrszustandserfassung im Strassenverkehr mit digitaler Bildtechnik (2005)

Zusammenfassung

Gegenstand

Die vorliegende Forschungsarbeit befasst sich mit den Anforderungen an Systeme für die automatische Verkehrsüberwachung mit digitaler Bildverarbeitung, sogenannte Bildauswertesysteme (BAS), die es für die Planung, die Realisierung und den Betrieb solcher Anlagen zu berücksichtigen gilt. Die Forschungsergebnisse dienen als Grundlage für die Ausarbeitung einer entsprechenden Norm.

In den letzten Jahren konnte bei Bildauswertesystemen ein grosser Fortschritt im Bezug auf den Umfang und die Qualität der erhobenen Ereignis- und Verkehrsdaten beobachtet werden. Für die Zukunft darf sicher mit einer weiteren Verbreitung des Einsatzes von BAS auf dem Schweizerischen Strassennetz gerechnet werden.

Damit die durch BAS erhobenen Daten für weitere Systeme zu Verfügung gestellt werden können, müssen die Daten Anforderungen bezüglich Genauigkeit und Zuverlässigkeit erfüllen. In der Praxis zeigt sich, dass die Datenqualität unter anderem stark von den Umweltbedingungen am Signalgeber-Standort abhängt. Bei der Formulierung der Anforderungen an die BAS ist deshalb der Umgang mit diesen Umweltbedingungen von zentraler Bedeutung.

Mit den BAS werden Videoströme von Bildsensoren (Kameras) aus dem Verkehrsbereich automatisch analysiert und ausgewertet. Dabei unterscheidet man im wesentlichen zwischen zwei Hauptgruppen:

- Ereignisdetektion (z. B. stehendes Fahrzeug, Stau, Rauch)
- Verkehrsdatenerfassung (z. B. Anzahl Fahrzeuge pro Stunde, mittlere Geschwindigkeit)

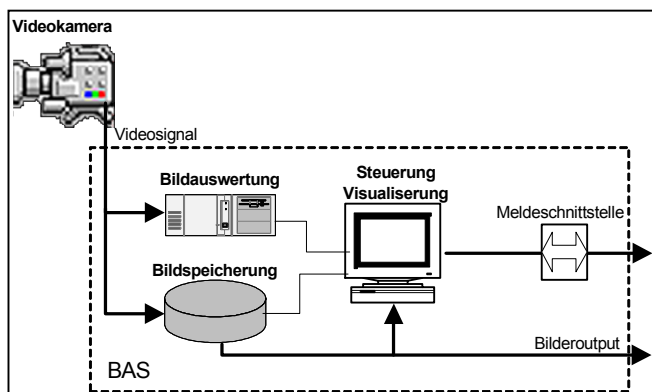
Diese Daten werden zu unterschiedlichen Zwecken wie Verkehrsüberwachung, Verkehrsmanagement, Verkehrsstatistik usw. weiterverwendet. Je nach Verwendungszweck werden unterschiedliche Qualitätsanforderungen an die Datenerfassung mittels BAS gestellt.

Vorgehen

In einem ersten Schritt wurden durch Literaturanalyse und Normenrecherche die Grundlagen zusammengetragen. Bei der Normenrecherche wurden Normenwerke aus der Schweiz und dem europäischen Ausland berücksichtigt. Der Bezug zur Praxis wurde durch gezielte Befragungen von Betreibern und Herstellern von Bildauswertesystemen geschaffen. Aus diesen Analyse-Arbeiten konnte der Handlungsbedarf bzw. der Normierungsbedarf abgeleitet und auch die Abgrenzung gegenüber bestehenden Vorgaben definiert werden. Auf dieser Basis wurden die Voraussetzungen für eine Standardisierung (Eignungskriterien, Einsatzort, Verwendungszweck usw.) festgehalten und anschliessend die Anforderungen definiert. Aufgrund der Forschungsergebnisse wurde ein erster Normentwurf erarbeitet.

Grundlagen

Der allgemeine Systemumfang und die Schnittstellen eines BAS sind aus der untenstehenden Abbildung ersichtlich.



BAS sind in der Regel Bestandteile einer Gesamtanlage zur Überwachung und Steuerung eines Strassenabschnitts. Die einzelnen Subsysteme wie z.B. BAS, Beleuchtung, Belüftung, Verkehrsleitsysteme sind untereinander vernetzt und tauschen Daten aus.

Eine Normierung von BAS fehlt heute auf nationaler und internationaler Ebene. In einem Richtlinienentwurf „Verkehrsfernsehen“ (2003) des ASTRA sind Anforderungen für die Verkehrsüberwachung mittels Kameras festgehalten. Die SN 640 018 Leistungsfähigkeit, Verkehrsqualität, Belastbarkeit definiert 6 Verkehrsqualitätsstufen A bis F. In den deutschen Technischen Lieferbedingungen für Streckenstationen TLS 2002 sind Genauigkeitsanforderungen für die Verkehrsdatenerfassung festgehalten.

Mit 4 BAS-Betreibern (Kantonspolizeien und technische Dienste) sowie 3 Herstellern wurden Interviews zu Erfahrungen, Möglichkeiten und Grenzen von BAS geführt. Daraus ergeben sich unter anderem folgende wesentliche Schlüsse:

- Die Qualität der Systeme hat sich aufgrund der technologischen Entwicklung in den letzten Jahren stark verbessert
- Die Justierung der Anlage bei Betriebsaufnahme ist sehr aufwändig und von zentraler Bedeutung
- Es fehlen einheitliche Grundlagen für Projektierung, Submission und Realisierung der BAS sowie entsprechende Prüfverfahren

Handlungsbedarf

Durch die Auswertung der Grundlagen wurde festgestellt, dass zur Zeit noch grössere Lücken im Bereich der Vorgaben für Bildauswertesysteme bestehen. In den folgenden Gebieten wurde Handlungs- bzw. Normierungsbedarf festgestellt:

- Definition der Ereignis- und Verkehrsdaten, welche durch BAS erhoben werden.
- Anforderungen an die Qualität (Genauigkeit, Zuverlässigkeit, Fehlertoleranzen) der durch BAS erhobenen Ereignis- und Verkehrsdaten
- Aufzeigen der Einflüsse der Umweltbedingungen auf die Qualität der erhobenen Daten
- Prüfverfahren zur Überprüfung der Qualität der erhobenen Daten
- Anforderung an die Systemtechnik

Voraussetzungen für die Standardisierung

BAS zeigen sich für verschiedene Anwendungsmöglichkeiten unterschiedlich geeignet. Aufgrund der Unterschiede hinsichtlich der Qualitätsanforderungen und Umwelteinflüsse werden die Einsatzorte Tunnel, Portalbereich und Freie Strecke untersucht. Je nach Verwendungszweck werden unterschiedliche Qualitätsanforderungen erwartet. Höhere Anforderungen werden beispielsweise bei vollautomatischen Prozessen gestellt, für Verkehrsüberwachung und das Verkehrsmanagement mit zwingenden Interaktionen durch das Bedienpersonal können die Anforderungen tiefer liegen.

Für die Festlegung der Anforderungen wurden die folgenden Datentypen festgelegt:

Ereignisdaten:

- Stehendes Fahrzeug
- Stau (in verschiedenen Stufen)
- Falschfahrer
- Gegenstand auf der Fahrbahn
- Nischenbelegung
- Standstreifenbelegung
- Brand

Verkehrsdaten:

- Geschwindigkeit (km/h)
- Reisezeit (km/h)
- Verkehrsdichte (Fahrzeuge/km)
- Verkehrsstärke (Fahrzeuge/h)
- Unterscheidung nach PW/LKW
- Unterscheidung von Fahrzeugkategorien (3 oder mehr Kategorien)

Umwelteinflüsse wie wechselnde Lichtverhältnisse, Beeinträchtigung der Sichtverhältnisse, zusätzlich bewegte Objekte, Vibrationen, Verschmutzung usw. erschweren die Datenerfassung. Bei der Formulierung der Anforderungen an die Betriebstauglichkeit von BAS müssen diese „gegebenen“ physikalischen Bedingungen angemessen berücksichtigt werden.

Anforderungen

Folgende wesentlichen Anforderungen an BAS wurden festgelegt:

Allgemeine Anforderungen: Das BAS muss im Betrieb laufend eine Selbstdiagnose durchführen (Überprüfung der Qualitätsanforderungen). Falls aufgrund schlechter Umweltbedingungen die geforderte Datenqualität nicht sichergestellt werden kann, muss dies vom BAS erkannt und entsprechend reagiert werden.

Verkehrstechnische Anforderungen: In Abhängigkeit des Datentyps wurden Mindestanforderungen an den Beobachtungsraum (flächendeckend, Abstandsraster für Kamera usw.) festgelegt.

Im Verlaufe der Forschungsarbeit hat sich gezeigt, dass die Umwelteinflüsse schwierig zu quantifizieren sind. Zur Gewährleistung der unterschiedlichen Anforderungen an die einzelnen Datentypen wurden in Abhängigkeit vom Verwendungszweck und vom Einsatzort unter Berücksichtigung der Umweltbedingungen folgende Qualitätsklassen definiert:

- I. Daten, die mit hoher Genauigkeit und Zuverlässigkeit erfasst werden müssen.
- II. Daten, bei welchen ein rasches Erkennen wichtiger ist als eine hohe Genauigkeit und Zuverlässigkeit. Daten, bei welchen Entscheide betreffend Massnahmen durch das Personal getroffen werden.
- III. Daten, bei welchen als Folge von Umwelteinflüssen die Qualitätsanforderungen zeitweise eingeschränkt sind.

Für die Qualitätsklassen I und II werden exakte Qualitätsanforderungen betreffend Erfassungsgenauigkeit und Zuverlässigkeit festgelegt. Bei Qualitätsklasse III gelten grundsätzlich die Anforderungen aus Klasse II, es sei denn das System fällt aufgrund seiner Selbstdiagnose bei schlechten Umweltbedingungen aus (keine Weiterverwendung der Daten). Der Umfang solcher Ausfälle wird festgelegt.

Neben den verkehrstechnischen Anforderungen wurden auch Anforderungen an das System und an die Systemtechnik eines BAS definiert. Diese betreffen folgende Aspekte:

- Systemumfang und Architektur
- Schnittstellen
- Bedienung
- Meldeverhalten
- Wartung und Inbetriebsetzung

Die Signalgeber (Kameras), obwohl sie - wie aus der Systemabgrenzung ersichtlich - nicht Bestandteil des BAS sind, haben einen grossen Einfluss auf die Qualität der durch BAS erhobenen Daten. Aus diesem Grund wurden auch Anforderungen an die Kameras, ihre Montage vor Ort und die Bilderübertragung gestellt, damit dem BAS möglichst optimale Grunddaten zur Verfügung gestellt werden können. So können durch die Montage der Signalgeber Aspekte wie Blickwinkel, Abdeckungen und Minimierung von Umwelteinflüssen optimiert werden, welche letztendlich die Qualität der durch das BAS erhobenen Daten massgeblich beeinflussen.

Fazit

Für die Zukunft wird durch den technologischen Fortschritt im Bereich der Bildauswertung und aus Sicherheitsüberlegungen ein verbreiteter Einsatz von BAS im Strassenbereich erwartet. Aufgrund dieser Entwicklung und auch schon der heutigen Situation sind allgemeine Anforderungen an solche Systeme in Form einer Norm dringend erforderlich. Mit der vorliegenden Forschungsarbeit und dem Normentwurf werden die Grundlagen geschaffen, um eine entsprechende Norm umzusetzen.

Aufgrund der Forschungsergebnisse empfehlen wir folgendes weiteres Vorgehen:

1. Der vorliegende Normentwurf soll wie geplant zu einer definitiven Norm weiterentwickelt werden
2. Die entstehende Norm soll von den Bauherren von Verkehrsanlagen mit BAS für die Konzipierung, Projektierung, Ausschreibung, Lieferung, Installation und den Betrieb von BAS verbindlich erklärt werden.
3. Für die Überprüfung zur Einhaltung der in der Norm vorgegebenen Qualitätsanforderungen sind für den Vergabeprozess, Werkprüfungen und Abnahmen entsprechende detaillierte Prüfverfahren festzulegen.
4. Den Lieferanten von BAS soll die Möglichkeit geschaffen werden, ihr Produkt in einem festgelegten Verfahren projekt- und objekt-unabhängig zertifizieren zu lassen. Dieser Zertifizierungsprozess muss sorgfältig und detailliert vorbereitet werden.
5. Die mit BAS und anderen Erfassungssystemen detektierbaren unterschiedlichen Staustufen, welche sich über unterschiedliche Verkehrskenngrössen definieren lassen, sollten standardisiert werden. Dabei sollte die Standardisierung in Anlehnung an die in SN 640 018, Tab. 6 Verkehrsqualitätsstufen A bis F und unabhängig vom Erfassungssystem erfolgen.

Synopsis

Subject

This research work is concerned with the requirements which are placed on automatic traffic monitoring systems using digital image processing (known as "image assessment systems" or "IAS") and which must be considered for the planning, construction and operation of such systems. The outcome of the research serves as the basis for the development of a corresponding standard.

In recent years there has been great progress in the scope and quality of event and traffic data gathered from image assessment systems. Furthermore, it is certain that image assessment systems will be used more widely on the Swiss road network in the future.

Data gathered by image assessment systems must meet requirements relating to accuracy and reliability if it is to be made available for other systems. In practice, it is evident that data quality is very much dependent, amongst other factors, on the environmental conditions where the signal generator is located. Familiarity with these environmental conditions is therefore of prime importance when formulating the requirements to be placed on IAS.

IAS automatically analyses and evaluates streams of video information from the traffic area provided by video sensors (cameras). In this process, an important distinction is made between two main groups:

- Event detection (e.g. a stationary vehicle, traffic jam, smoke)
- Traffic data capture (e.g. the number of vehicles per hour, average speed)

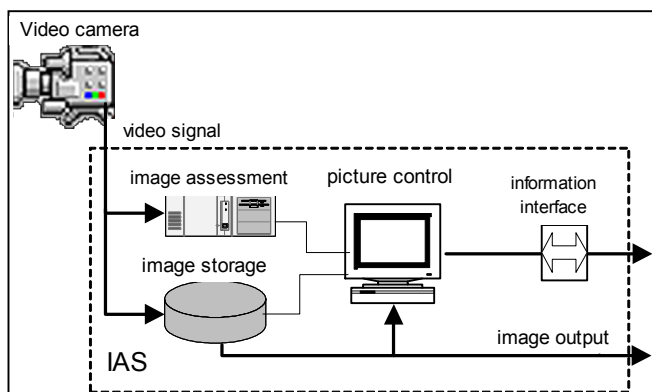
The above data types are used for a variety of purposes such as traffic monitoring, traffic management, traffic statistics etc. Different uses place different quality requirements on data capture by IAS.

Procedure

As a first step, the fundamentals were compiled by means of literature analysis and a standards search. The latter process included standards from Switzerland and other European countries. Targeted interviews with operators and manufacturers of image assessment systems helped to establish a link to practice. Using this analytical work, it was possible to derive the requirements for action and standardisation and to define the demarcation with existing standards. On this basis, the prerequisites for standardisation (suitability criteria, location for use, purpose etc.) were defined and the definition of requirements followed as the next step. A first draft of a standard was developed based on the research results.

Fundamentals

The overall scope of the system and the interfaces of an IAS are illustrated in the following diagram.



IAS is normally one component in an overall monitoring and control system for a section of road. The individual sub-systems, for example; IAS, lighting, ventilation and traffic guidance systems, are networked together and exchange data.

There are neither national nor international standards for IAS today. The ASTRA (the Swiss Federal Roads Authority) defined requirements for traffic monitoring using cameras¹. SN 640 018 "Efficiency, Traffic Quality, Capacity" defines 6 levels of traffic quality, A to F. The German Technical Delivery Conditions for data collection stations "TLS 2002" define accuracy requirements for traffic data capture.

Interviews were held with four IAS users (cantonal police forces and technical departments) and three manufacturers, to discuss experience, possibilities and limitations relating to IAS. The following are some of the important conclusions that emerged:

- The quality of the systems has improved significantly in recent years thanks to technical developments
- Adjustment of the equipment when commencing operations is very time-consuming and of great importance
- There are no uniform principles for the project development, submission and implementation of IAS; there are no uniform testing procedures for IAS

Requirements for action

The assessment of the fundamentals showed that there are still major gaps in the field of standards for image assessment systems at the present time. The need for further action and standardisation was found in the following areas:

- Definition of event and traffic data which can be obtained from IAS.
- Quality requirements (accuracy, reliability, error tolerances) in event and traffic data obtained from IAS
- Demonstration of the influence of environmental conditions on the quality of the data obtained

¹ ASTRA; Richtlinie Verkehrsfernsehen (Entwurf 2003)

- Test procedures for verification of the quality of the data obtained
- Requirements placed on system technology

Prerequisites for standardisation

IAS is suitable for different applications to different degrees. Due to differences relating to quality requirements and environmental influences, the use of IAS in tunnels, portal areas and on the open road was investigated. Different quality requirements were expected for each application. For example, more stringent requirements were necessary for fully automatic processes; requirements can be less stringent for traffic monitoring and management with overriding interaction from operators.

The following data types were defined in order to determine requirements:

Event data:

- Stationary vehicle
- Traffic jam (in various stages)
- Vehicle driving in the wrong direction on the carriageway
- Object on the carriageway
- Safety lay-by in use
- Hard shoulder in use
- Fire

Traffic data:

- Speed (km/h)
- Journey time (km/h)
- Traffic density (vehicles/km)
- Traffic volume (vehicles/h)
- HGV / car differentiation
- Differentiation of vehicle categories (3 or more categories)

Environmental influences can make data capture more difficult, for example; changing lighting conditions, reduced visibility, other moving objects, vibrations, dirt, etc. These external physical conditions must be properly taken into consideration when formulating the requirements for the operational suitability of IAS.

Requirements

The following major requirements for IAS were determined:

General requirements: IAS must continuously carry out self-diagnosis when operating (verification of quality requirements). If the required data quality cannot be ensured due to poor environmental conditions, this must be recognised by the IAS which must then react accordingly.

Technical requirements relating to traffic: depending on the data type, minimum requirements for the area under observation (area covered, distance between cameras, etc) were defined.

It became evident during the research work that it was difficult to quantify environmental influences. The following quality classes were defined in conjunction with the use, location and consideration of environmental conditions in order to guarantee the different requirements placed on individual data types:

- I. Data which must be captured with extreme accuracy and reliability.
- II. Data where rapid recognition is more important than extreme precision and reliability. Data in relation to which decisions on action must be taken by staff.
- III. Data for which the quality requirements are limited temporarily due to environmental conditions.

Precise quality requirements relating to accuracy of capture and reliability will be defined for Quality Categories I and II. The requirements for Category II apply in principle to Quality Category III unless the system is unavailable due to self-diagnosis during poor environmental conditions (data not processed for other purposes). The extent of such periods of non-availability will be defined.

System requirements and requirements placed on the system technology of an IAS were defined, as well as technical requirements relating to traffic. These relate to the following factors:

- System scope and architecture
- Interfaces
- Operation
- Reporting procedures
- Maintenance and commissioning

The signal generators (cameras), although not part of the IAS as can be seen from the system boundaries, have a major influence on the quality of the data obtained by IAS. Therefore, requirements were defined for cameras, their installation and image transmission so that the best possible basic data could be presented to the IAS. Positioning of the signal transmitters can optimise factors such as the angle of view, coverage and minimisation of environmental influence, all of which have a significant influence on the quality of data obtained from the IAS.

Conclusions

It is expected that there will be widespread use of IAS on the roads in the future, for safety reasons and as a result of technological progress in image assessment. As a result of this development, and indeed the present situation, the definition of general requirements for these systems in the form of a standard is urgently needed. This research work and the draft standard form the basis for the implementation of an appropriate standard.

Based on the outcome of the research we recommend the following additional work:

1. The draft standard should be developed to form a definitive standard, as planned.
2. Bodies operating traffic facilities should state that the new standard is obligatory for the design, project development, bidding, delivery, installation and operation of IAS.
3. Detailed verification procedures for compliance with the quality requirements set out in the standard and relating to the tender award process, inspection of work and acceptance should be defined.
4. Manufacturers of IAS should be given the option of having their products certified in a specified process independently of any project. This certification process must be prepared in detail and with care.
5. The various stages of traffic-jams that can be detected with IAS and other data capture systems and which can be defined via a range of key traffic figures should be standardised. This standardisation should follow the traffic quality levels A to F, as shown in SN 640 018, table 6, and should be independent of the data capture system.

Résumé

Objet

Le présent travail de recherche porte sur les exigences posées aux systèmes de surveillance automatique du trafic par le traitement digital d'image, dits systèmes de traitement d'image (STI). Ces exigences doivent être prises en compte lors de la planification, la réalisation et l'exploitation des STI. Les résultats de la recherche constituent une base pour l'élaboration d'une norme.

Depuis quelques années, des progrès considérables ont été accomplis dans le domaine des STI, et ce, tant pour la quantité que pour la qualité des données saisies relatives aux événements et au trafic. Pour le futur, on prévoit une augmentation importante de l'utilisation des STI dans la gestion du réseau routier suisse.

Les données saisies à l'aide des STI ne peuvent être traitées avec d'autres systèmes que si elles correspondent à des critères de précision et de fiabilité. Dans la pratique, on remarque que la qualité des données dépend fortement, entre autres, des conditions environnementales à l'endroit où est installé l'émetteur du signal. La manière de prendre en compte ces conditions environnementales est donc fondamentale pour la définition des exigences applicables aux STI.

Les STI permettent d'analyser et de traiter de manière automatique des séquences vidéo provenant de capteurs d'image (caméras) installés sur le réseau routier. On distingue deux groupes principaux:

- détection d'événements (par ex. véhicules en panne, bouchons, fumées)
- saisie de données de trafic (par ex. nombre de véhicules par heure, vitesse moyenne)

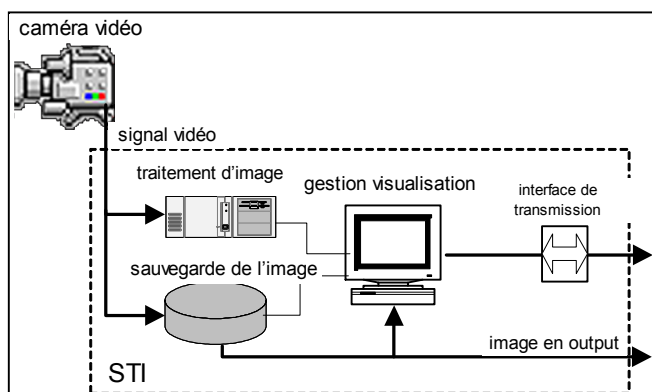
Ces données sont utilisées de manière différente en fonction de l'application, par ex. la surveillance du trafic, la gestion du trafic, les statistiques, etc. Les exigences posées à la saisie de données par le biais des STI dépendent du type d'application prévu.

Marche à suivre

Dans une première phase, ont été recueillies les bases tirées de la littérature et de l'étude de normes existantes en Suisse et en Europe. Afin d'assurer une liaison étroite du travail de recherche avec la pratique des STI, les auteurs ont mené des entretiens avec des exploitants et des constructeurs de STI choisis. Cette phase d'analyse avait pour but de déterminer l'étendue du travail de recherche et de normalisation à effectuer, d'une part, et de délimiter le travail par rapport aux normes existantes, d'autre part. Cela a permis de définir les conditions préalables déterminantes pour la standardisation (critères d'application, lieu d'installation, but d'utilisation, etc.) ainsi que les exigences. Sur la base des résultats de la recherche, un premier projet de norme a été élaboré.

Bases

Les limites du système et les interfaces d'un STI sont représentés dans le schéma suivant:



En règle générale, les STI constituent uniquement un module d'un équipement intégré de surveillance ou de gestion d'un tronçon de route. Les différents modules, par ex. le STI, l'éclairage, l'aération, les systèmes de guidage du trafic sont en réseau et échangent des données.

Au stade actuel, il n'existe pas de normes nationales ou internationales concernant les STI. Une directive² de l'OFROU concernant l'utilisation d'équipements vidéo dans le domaine du trafic routier contient les exigences applicables à la surveillance du trafic par le biais de caméras. La norme SN 640 018 Capacité, niveau de service, charges compatibles définit six niveaux de service du trafic allant de A à F. Les directives allemandes³ concernant les spécifications techniques applicables lors de la réalisation de tels équipements fixent les exigences de précision déterminantes pour la saisie de données de trafic.

Des entretiens ont eu lieu avec quatre exploitants de STI (polices cantonales et services techniques) ainsi qu'avec trois constructeurs. Cette démarche a permis de mettre en évidence les expériences, les possibilités et les limites des STI. Les enseignements principaux tirés de ces entretiens sont les suivants:

- Les progrès technologiques de ces dernières années ont permis une amélioration sensible de la qualité des systèmes.
- Le réglage de l'équipement lors de la mise en service est fondamental mais particulièrement coûteux également.
- Il n'existe pas de bases homogènes applicables lors de la planification, des appels d'offres et de la réalisation de STI, de même que pour les procédures de vérification.

² ASTRA; Richtlinie Verkehrsfernsehen (Entwurf 2003)

³ Deutsche Technische Lieferbedingungen für Streckenstationen TLS 2002

Travail à effectuer

Le travail d'analyse des bases existantes a permis de déterminer qu'au stade actuel il existe des déficits importants concernant les directives applicables aux STI. Cela concerne notamment la recherche et la normalisation dans les domaines suivants:

- définition des données relatives aux événements et au trafic à saisir par le biais de STI
- exigences de qualité (précision, fiabilité, tolérances) des données relatives aux événements et au trafic saisies par le biais de STI
- relation entre les conditions environnementales et la qualité des données saisies
- procédures de vérification de la qualité des données saisies
- exigences concernant l'ingénierie des systèmes

Conditions préalables pour la standardisation

Chaque type de STI présente des possibilités d'application différentes. Les lieux d'application suivants ont été étudiés: tunnel, secteur de l'entrée du tunnel, tronçon à ciel ouvert. Les exigences de qualité et les conditions environnementales spécifiques à chaque lieu d'application ont été prises en compte. Chaque but d'application requiert des exigences de qualité différentes. Par exemple, un processus de traitement complètement automatique implique des exigences plus élevées. En revanche, la surveillance et la gestion du trafic font obligatoirement appel à l'intervention de personnel de service, ce qui permet de réduire le niveau d'exigences.

Pour la détermination des exigences, les types de données suivants ont été définis:

Données relatives aux événements:	Données relatives au trafic:
- véhicules à l'arrêt	- vitesse (km/h)
- bouchons (différents degrés)	- temps de parcours (km/h)
- véhicules circulant à contre-sens	- densité de trafic (véhicules/km)
- objets sur la chaussée.	- charge de trafic (véhicules/h)
- occupation des niches	- distinction entre voitures et poids lourds
- occupation des bandes d'arrêt d'urgence	- distinction entre catégories de véhicules (3 catégories ou plus)
- incendie	

Les conditions environnementales peuvent rendre la saisie des données plus difficile. Il s'agit par ex. des changements de luminosité et de visibilité, de la présence d'autres objets en mouvement, vibrations, formation de dépôts de saletés, etc. Lors de la définition des exigences relatives à l'exploitation des STI, il faut tenir compte de manière appropriée de ces conditions physiques „imposées“.

Exigences

Les exigences principales relatives aux STI ont été définies:

Exigences générales: Durant l'exploitation, le STI doit être en mesure d'effectuer un autodiagnostic (vérification des exigences de qualité), et ce, de manière continue. Le STI doit pouvoir reconnaître si, suite à de mauvaises conditions environnementales, la qualité des données requise ne peut être garantie. De plus, il doit pouvoir réagir en conséquence.

Exigences de technique de circulation: En fonction du type de données, ont été définies des exigences minimales pour le champs d'observation (champs entier, distances entre caméras, etc.).

Durant le travail de recherche, les auteurs ont constaté qu'il est difficile de quantifier les influences environnementales. Des classes de qualité ont été définies en tenant compte des conditions environnementales, et ce, afin de garantir le respect des critères concernant les différents types de données, en fonction du but et du lieu d'utilisation:

- I. données devant être saisies avec une grande précision et fiabilité
- II. données servant à la reconnaissance rapide d'une situation, pour lesquelles il est moins important de garantir une grande précision et fiabilité; données que le personnel exploite en tant qu'aide à la décision concernant les interventions à effectuer
- III. données pour lesquelles il peut y avoir une réduction momentanée des exigences de qualité suite à des influences environnementales

Pour les classes de qualité I et II, ont été définies de manière détaillée des exigences de qualité concernant la précision et la fiabilité de saisie. Pour la classe de qualité III sont applicables, en principe, les exigences de la classe II, sauf si en cas de mauvaises conditions environnementales le dispositif d'autodiagnostic désactive automatiquement le système. L'étendue de ces mises hors service a été fixée.

Outre les exigences de technique de circulation, le travail de recherche a également élaboré des exigences applicables aux systèmes et à l'ingénierie des systèmes, concernant notamment les aspects suivants:

- étendue du système et architecture
- interfaces
- utilisation
- procédures de transmission
- entretien et mise en service

Si les capteurs de signaux (caméras) ne constituent pas une partie intégrante d'un STI (voir la délimitation du système), ils influent néanmoins fortement sur la qualité des données saisies à l'aide des STI. Pour cette raison, les auteurs ont également défini des exigences concernant les caméras, le montage in situ et la transmission des images, afin de mettre à disposition des STI des données de base de qualité optimale. Aussi, le montage des capteurs de signaux permet d'optimiser certains aspects, comme par ex. l'angle de vue, la couverture de champs et la réduction des influences environnementales, aspects pouvant conditionner de manière déterminante la qualité des données saisies à l'aide des STI.

Conclusion

Suite aux progrès technologiques et afin de satisfaire aux exigences accrues en matière de sécurité, on prévoit pour l'avenir une application plus fréquente des STI dans le domaine du trafic routier. Pour cette raison, mais aussi au vu des applications actuelles des STI, il est urgent de fixer dans une norme les exigences valables pour ces systèmes. Le présent travail de recherche et le projet de norme correspondant constituent une base pour le travail de normalisation.

Sur la base des résultats du travail de recherche, les auteurs recommandent la marche à suivre suivante:

1. Comme prévu, on poursuivra l'élaboration du présent projet de norme dans le but d'établir une norme définitive.
2. La future norme sera considérée par les maîtres de l'ouvrage responsables d'infrastructures routières équipées de STI comme une base déterminante pour l'élaboration de concepts et de projets, les appels d'offres, la réalisation, l'installation et l'exploitation de STI.
3. Des procédures de vérification détaillées seront élaborées. Il s'agit de procédures de vérification du respect de exigences de qualité fixées dans la norme, procédures applicables lors de l'attribution de mandats, de la vérification des installations et la réception de ces dernières.
4. Les producteurs de STI doivent avoir la possibilité de certifier leurs produits selon une procédure indépendante des projets et des objets concrets. Cette procédure de certification doit être préparée de manière minutieuse et détaillée.
5. Les différents degrés de bouchon détectables à l'aide des STI et des autres systèmes de détection doivent être standardisés. Actuellement, ces degrés sont définis de différentes manières, voire en fonction de paramètres de plusieurs types. Analogue aux six niveaux de service du trafic de A à F selon la norme SN 640 018, ce standard doit être.

1 Aufgabenstellung

1.1 Ausgangslage

Als wesentliches Ziel der Strassenverkehrstelematik gilt die Erhöhung der Verkehrssicherheit und der Leistungsfähigkeit von Strassenanlagen. Die Planung der nötigen verkehrsbeeinflussenden Massnahmen und die Einführung innovativer Techniken bedingen eine verlässliche Erhebung der Verkehrsdaten und Detektion von Verkehrsereignissen. Die zur Erhebung der erforderlichen Verkehrsdaten angewandten Techniken reichen von der rein manuellen Zählung über Radar- und Infrarot- bis hin zu Lasersensoren sowie Induktionsschlaufen.

Videokameras wurden bisher hauptsächlich für die visuelle Verkehrsüberwachung (visuelle Beobachtung des Kamerabildes durch eine Person aus einer Polizeieinsatzzentrale) eingesetzt. Die Ereignisdetektion (Erfassung eines Ereignisses wie z.B. eines stehenden Fahrzeuges). Die Entwicklung von leistungsfähigen Rechnern und digitalen Technologien macht es möglich, dass die Ereignisdetektion (Erfassung eines Ereignisses wie z.B. eines stehenden Fahrzeuges) und die Erhebung von Verkehrsdaten automatisch mittels digitalen Bildauswertesystemen (BAS) ausgeführt werden kann.

Die mittels BAS detektierten Ereignisse und Daten werden für die Verkehrsüberwachung und das Verkehrsmanagement eines Strassen- oder Tunnelabschnittes wie folgt weiterverwendet:

- Aufgrund der festgestellten Ereignisse wie stehende Fahrzeuge, Falschfahrer, Kaltrauch usw. werden in Verkehrsleitsystemen Betriebszustände wie Gefahrenwarnung, reduzierte Höchstgeschwindigkeiten, Fahrstreifensperrungen, Tunnelensperrungen usw. geschaltet. Im weiteren können daraus Änderungen in der Ventilation oder in der Beleuchtung resultieren.
- Aufgrund der detektierten Verkehrsdaten können im Fundamentaldiagramm Verkehrszustände wie Stau oder stockender Verkehr festgestellt werden. Daraus können wiederum die erforderlichen Betriebszustände (z.B. Stauwarnung) ausgelöst werden.

Trotz noch fehlender Normen existieren in der Schweiz bereits zahlreiche Anlagen, welche Ereignisse und Verkehrsdaten mittels BAS erfassen. Aus heutiger Sicht existieren folgende Vorteile von BAS im Vergleich zu konventionellen Methoden:

- Einrichtung und Inbetriebnahme ohne wesentliche Eingriffe in den fließenden Verkehr (keine Installation in der Fahrbahn erforderlich).
- Mehrfachnutzung der Bilddaten (nebst der Detektion der Daten kann die Situation vor Ort über Video beobachtet werden).
- Flexible Handhabung durch das Erzeugen von „virtuellen Detektoren“ mit Hilfe geeigneter Software.
- Datenspeicherung für die Rekonstruktion von bestimmten Verkehrsereignissen.
- Bestehende im Rahmen des Verkehrsfernsehens VTV eingesetzte Kameras können mit BAS nachgerüstet werden.

Es gibt jedoch auch eine Reihe von Einschränkungen:

- Umwelteinflüsse wie z. B. Sonneneinstrahlung, Nebel, Rauch, Verschmutzung, Vibration usw. beeinträchtigen die Bildqualität. Aus diesem Grund können BAS örtlich nicht beliebig eingesetzt werden.
- Die Parametrierung der Bildauswertung ist in der Regel sehr aufwändig.

1.2 Auftrag und Ziele

In der bestehenden VSS-Norm SN 640 871 „Strassenverkehrstelematik“ sind die Grundlagen für verschiedene Einzelnormen festgelegt. In den Einzelnormen werden die Aspekte für Entwurf, Projektierung, Betrieb und Beurteilung von Verkehrstelematiksystemen detailliert behandelt. SN 640 871 sieht eine Einzelnorm für Systeme für die Ereignisdetektion und die automatische Verkehrszustandserfassung mittels Bildanalyse im gesamten Strassenverkehrsraum vor.

Die ARGE B+S Ingenieur AG und Amstein+Walthert AG wurde beauftragt, als Grundlage für die zukünftige Norm eine Forschungsarbeit durchzuführen und daraus einen Normentwurf für „Systeme für die automatische Verkehrsüberwachung (Monitoring) mit digitaler Bildauswertung“ zu erarbeiten. Der vorliegende Forschungsbericht fasst die Forschungsergebnisse zusammen und beinhaltet die Erläuterungen und Kommentare zum entwickelten Normentwurf (vgl. Anhang 1).

Die Notwendigkeit der Normierung von BAS bzw. die Ziele der Norm können folgendermassen festgehalten werden:

- Dank des technischen Fortschritts sind BAS heute in der Lage verschiedene Ereignisse und Daten zuverlässig zu erfassen. Im Forschungsbericht sollen die Einsatzmöglichkeiten von BAS, aber auch deren Grenzen aufgezeigt werden.
- Dem Strasseneigentümer und –betreiber, den projektierenden Ingenieuren und den realisierenden Unternehmen fehlt heute ein Instrument, welches realisierbare Qualitätsanforderungen und entsprechende technische Vorgaben an BAS festhält. Die Norm soll als verbindliche Grundlage zur Ausschreibung, Projektierung, Realisierung und zum Betrieb von BAS – insbesondere auf Hochleistungsstrassen dienen. Sie leistet somit einen wesentlichen Beitrag für einen effizienten, wirtschaftlichen und qualitativ hochstehenden Einsatz von BAS.

In der Forschungsarbeit untersucht und in der Norm geregelt werden sollen folgende Aspekte:

- Festlegung der praxisbezogenen Randbedingungen zur Gewährleistung einer genügenden Funktionstüchtigkeit (im Tunnel, im Ein-/Ausfahrtsbereich, freie Strecke): Anordnung/Lage im Querschnitt, Kameraabstand/Bildausschnitt, Lichtverhältnisse, Witterungseinflüsse, Verschmutzung usw.
- Festlegung der relevanten Zustände und Ereignisse, welche aufgrund von digitaler Bildauswertung erkannt werden sollen.
- Bezug zur Verkehrsqualität gemäss SN 640 018 „Leistungsfähigkeit, Verkehrsqualität, Belastbarkeit“ bzw. zu den Verkehrszuständen (z.B. schwacher, reger, flüssiger, zähflüssiger und Stop-and-go-Verkehr), welche im Fundamentaldiagramm ermittelt werden können.
- Hinweise zur Detektion von weiteren Ereignissen (stehendes Fahrzeug, Erkennen von langsam fahrenden oder brennenden Fahrzeugen usw.).
- Festlegung der Qualitätsanforderungen (Genauigkeit, Zuverlässigkeit, Fehlertoleranzen, Erfassungsgeschwindigkeit; Bestimmen der technischen Anforderungen (Fehlererkennung/-behandlung, Systemwartung, Systemintegration usw.).

1.3 Abgrenzung

Im Forschungsauftrag wird aufgezeigt, welche Möglichkeiten BAS für die Erfassung von Verkehrsdaten sowie für die Ereignisdetektion bereitstellen. Die Bearbeitung grenzt sich gegenüber anderen Videoanwendungen einerseits hinsichtlich der Auswertungsmethode der Kamerabilder andererseits beim Verwendungszweck der Bilder und Verkehrsdaten ab:

- Unter BAS werden - im Sinne dieser Norm - Systeme bezeichnet, in denen mittels Videokameras erhobene Bilder durch Rechner automatisiert mit geeigneten Mittel analysiert werden. Anwendungen, bei denen Videobilder durch Personen betrachtet und interpretiert werden (Verkehrsfernsehen VTV) sowie andere Systeme zur Erfassung von Verkehrsdaten werden in dieser Norm nicht behandelt.
- Bezogen auf den Verwendungszweck der von BAS generierten Verkehrsdaten grenzt sich die Norm von der Norm SN 671 971 „Automatische Kontrollanlagen mit digitaler Bildtechnik“ ab. Die Identifikation von Fahrzeugen und Fahrzeuginsassen wird in der vorliegenden Untersuchung nicht behandelt. Einsatzmöglichkeiten von BAS wie das Erfassen von Fahrzeugkennzeichen, Personen und deren Aktivitäten in den Fahrzeugen bilden weder Gegenstand der vorliegenden Forschungsarbeit noch der daraus entstehenden Norm.
- Die Detektion von Rauch mittels BAS (Kaltrauchdetektion) und die entsprechenden Prüfverfahren sind nicht Bestandteil dieses Forschungsberichtes und auch nicht der Norm, dieser Verwendungszweck von BAS sollte jedoch in einer weiterführenden Forschungsarbeit behandelt werden.
- Die Norm beschreibt die Möglichkeit der Erfassung der Daten und die Aufbereitung der Informationen für weitere Systeme (Schnittstelle zu Drittsystemen), die Verarbeitung dieser Daten in den Drittsystemen ist nicht Bestandteil dieser Norm. Die Norm enthält jedoch Angaben, welche Qualität die mittels BAS erfassten Daten aufweisen müssen, um für die jeweiligen Systeme zweckmässig verwendet werden zu können.

Vom Bundesamt für Strassen (ASTRA) wurde ein Richtlinienentwurf für das Verkehrsfernsehen (VTV) für Tunnel und offene Nationalstrassenabschnitte erarbeitet. Darin werden Vorgaben zur VTV als Gesamtanlage, welche die Ereignisdetektion (Bildanalyse) und die Bildspeicherung mit einschliesst, gemacht. Die Anforderungen aus dem Richtlinienentwurf wurden in der vorliegenden Forschungsarbeit mitberücksichtigt. Abweichungen davon werden speziell hervorgehoben. Die Erfassung von Verkehrsdaten durch BAS wird in dem Richtlinienentwurf nicht näher behandelt.

2 Definition und Begriffe

2.1 Definition

Unter Systemen für die „automatische Verkehrszustandserfassung mit digitaler Bildverarbeitung“ werden im vorliegenden Forschungsbericht Systeme verstanden, die aus Bilddaten, in der Regel aus Videoströmen, automatisiert Informationen zum aktuellen Zustand des Verkehrs eines bestimmten Streckenabschnittes ableiten und für die weitere Verwendung durch Drittsysteme aufbereiten können. Diese Informationen sind einerseits stetig erhobene Verkehrsdaten (Verkehrsdatenerfassung), wie zum Beispiel Anzahl Fahrzeuge pro Zeiteinheit, durchschnittliche Geschwindigkeit der Fahrzeuge, Verkehrszusammensetzung PW/LKW, Unterscheidung nach Fahrzeugkategorien etc. und andererseits das Anzeigen von Einzelereignissen (Ereignisdetektion) wie z.B. stehendes Fahrzeug, Nischenbelegung oder Rauchentwicklung auf der überwachten Strecke.

BAS sind in der Regel in einem Gesamtverbund von Anlagen zur Überwachung und Kontrolle eines Streckenabschnittes integriert, d.h. die Informationen aus dem System werden weiteren Drittsystemen über standardisierte Schnittstellen zur Verfügung gestellt.

Ein BAS besteht in der Regel aus folgenden Komponenten:

- Bildsensoren: Die Bildsensoren sind vor Ort auf der Strecke montiert und liefern die Grunddaten für die Auswerteeinheit des Systems in Form von Videoströmen. Die Bildsensoren sind nicht eigentlicher Bestandteil eines BAS, sondern einer VTV Anlage. Wegen ihrer grossen Relevanz für die Datenqualität eines BAS sind die Bildsensoren trotzdem Bestandteil dieser Forschungsarbeit resp. des Normentwurfs.
- Auswerteeinheit: In der Auswerteeinheit werden die Bilddaten der Sensoren mittels komplexen mathematischen Algorithmen analysiert und die Informationen für die Verkehrsdatenerfassung und für die Ereignisdetektion gewonnen.
- Meldeschnittstellen zu Drittsystemen: Über diese Schnittstellen werden die aufbereiteten Informationen weiteren Systemen zur Verfügung gestellt.
- Datenübertragung: Bilddaten vom Sensor zur Auswerteeinheit und Daten der Meldeschnittstelle zu den Drittsystemen werden über entsprechende Kommunikationskanäle übertragen, wobei zu beachten ist, dass die Übertragung von digitalen Bilddaten einen grossen Bandbreitebedarf zur Folge hat und daher in der Regel für die Übermittlung das Datenvolumen mittels Komprimierungsverfahren reduziert wird.
- Bildspeicherung: In der ersten Speichereinheit werden laufend Bilddaten gespeichert (meist als Ringspeicher). Bei Bedarf oder im Ereignisfall können daraus Bildsequenzen automatisiert oder manuell bearbeitet und endgültig gespeichert werden.

2.2 Begriffe

Für die Bearbeitung der vorliegenden Forschung wurden folgende Begriffe verwendet:

Beobachtungsraum

Der Beobachtungsraum beschreibt die räumlichen Aspekte der Datenerfassung, d.h. wo im Querschnitt (Fahrstreifen, Nischen usw.) Daten erfasst und in welchem Längsabstand Erfassungsquerschnitte anzuordnen sind.

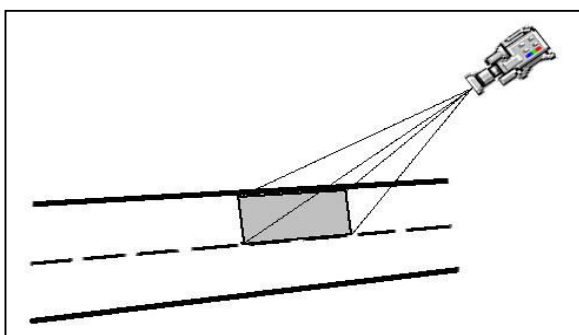


Abbildung 1: Beispiel eines Beobachtungsraumes

Bildauswertesystem (BAS)

Mit BAS werden aus erfassten Videobildern Ereignisse und Verkehrsdaten ermittelt. Ein BAS besteht aus folgenden Einheiten:

- Videoeingang (von Kamera als Signalgeber)
- Bildauswertungseinheit (Hardware und Software)
- Bildspeicher zur Speicherung der Ereignisbilder
- Steuerung und Visualisierung vor Ort
- Meldeschnittstellen zu weiteren Systemen (übergeordnetes Leitsystem, Bildspeicherung, weitere elektromechanische Anlagen)
- Bilderoutput aus Bildspeicher

Obwohl die Kamera nicht eigentlicher Bestandteil eines BAS ist, ist ihr Einfluss auf die Qualität der erhobenen Daten erheblich. Aus diesem Grund werden in dieser Forschungsarbeit und im Normentwurf auch Anforderungen an die Kamera behandelt.

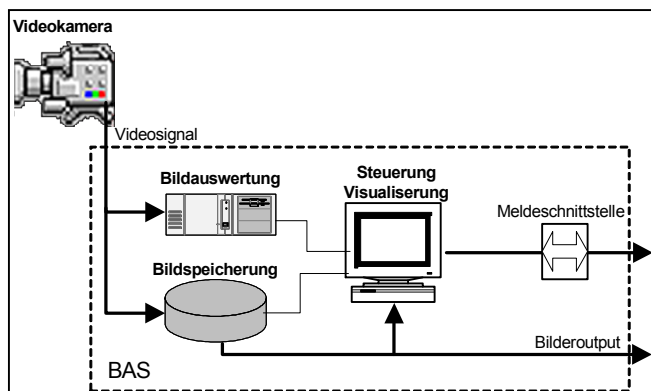


Abbildung 2: Elemente eines BAS

Detektionsdauer

Darunter wird die Zeitdauer zwischen dem realen Eintretenszeitpunkt des Ereignisses und dem Zeitpunkt der Erkennung durch das System verstanden.

Echtzeit-Daten

Echtzeit-Daten (Online-Daten) sind Daten die unmittelbar nach deren Erfassung zur Verfügung stehen und für die Verkehrsüberwachung und das Verkehrsmanagement eingesetzt werden.

Elektromechanische Anlagen (EM-Anlagen)

Die elektromechanischen Anlagen sind Systeme im Verkehrsumfeld, welche für den sicheren Betrieb einer Strasse benötigt werden (Brandmeldeanlage, Beleuchtung, Belüftung, Verkehrssteuerung, Verkehrsfernsehen etc.)

Ereignis

Als Ereignis im Sinne dieser Norm gilt ein bestimmtes Vorkommnis im Strassenverkehr, welches die Verkehrssicherheit bzw. den Betrieb beeinflusst. Es werden folgende Ereignisse behandelt:

- Stehendes Fahrzeug: Ein Fahrzeug kommt auf einem Fahrstreifen zum Stillstand und bleibt stehen.
- Stau (in mehreren Stufen): Eine Fahrzeugkolonne fährt nur noch sehr langsam, kommt ins Stocken oder bleibt zumindest zeitweise ganz stehen.
- Falschfahrer: Auf einer richtungsgetrenten Fahrbahn fährt ein Fahrzeuglenker in die entgegengesetzte Richtung, d.h. dem Fahrzeugstrom entgegen.
- Gegenstand auf der Fahrbahn
- Nischenbelegung (Tunnel): Ein Fahrzeug belegt eine Nische.
- Standstreifenbelegung: Ein Fahrzeug kommt auf dem Standstreifen zum Stillstand und bleibt dort stehen.
- Brand (Kaltrauchdetektion): Aufgrund eines Brandes entwickelt sich Rauch.

Ereignisdetektion

Die Ereignisdetektion bezeichnet die Erfassung eines Ereignisses mit Hilfe eines BAS.

Fehlalarm

Im Zusammenhang mit BAS versteht man unter einem Fehlalarm die Anzeige eines Ereignisses durch das BAS, ohne dass tatsächlich ein entsprechendes Ereignis stattgefunden hat. Die Anzahl Fehlalarme pro Zeiteinheit sind ein wichtiges Mass für Aussagen zur Qualität der Resultate eines BAS.

Fundamentaldiagramm

Aus dem Fundamentaldiagramm werden aufgrund von Verkehrsdaten (Verkehrsstärke, Geschwindigkeit, Fahrzeugdichte) Verkehrszustände abgeleitet.

Kaltrauchdetektion

Unter Kaltrauchdetektion wird das frühzeitige Erkennen eines Brandes verstanden, bevor der Brand durch thermische Sensoren entdeckt werden kann. Dabei wird der Grad der Verrauchung eines Bereiches analysiert.

Langzeit-Daten

Langzeitdaten sind Daten, die über längere Zeitperioden erfasst und ausgewertet werden. Sie stehen erst einige Zeit nach deren Erfassung zur Verfügung und dienen in erster Linie Planungs- und statistischen Zwecken.

Nichtdetektion

Nichtdetektionen sind eingetretene Ereignisse, die durch das BAS nicht erkannt wurden. Nichtdetektionen sind wie die Fehlalarme ein wichtiges Qualitätsmerkmal eines BAS, im Gegensatz zu den Fehlalarmen sind diese jedoch viel schwieriger zu quantifizieren.

Übergeordnetes Leitsystem

Ein Übergeordnetes Leitsystem (auch Betriebsleitebene genannt) ermöglicht die zentrale Überwachung und die Bedienung von einer Vielzahl von autonomen Systemen. Im Verkehrsumfeld bedeutet dies, dass durch ein übergeordnetes Leitsystem verschiedene elektromechanische Anlagen (wie Beleuchtung, Belüftung etc.) von verschiedenen Objekten (Tunnels, offene Strecken) zentral überwacht werden können.

Umweltbedingungen

Als Umweltbedingung gelten äussere Einflüsse, welchen die Kameras ausgesetzt sind und welche die Erfassungsqualität beeinflussen können (z.B. Lichtstärke, Blendeffekte, Reflexionen, Witterungseinflüsse, Verschmutzung).

Wirkmatrix

Grafische Form, die Interaktionen in einem Verbund von Anlagen zwischen den einzelnen Systemen darzustellen.

Verkehrsdaten

Unter Verkehrsdaten werden folgende Werte verstanden:

- Verkehrsmenge (Fz/h)
- Geschwindigkeit (km/h)
- Verkehrsdichte (Fz/km)
- Reisezeit (km/h)
- Unterscheidung nach Fahrzeugtyp (PW, LKW etc.)

Verkehrsdatenerfassung

Verkehrsdatenerfassung bezeichnet die Erfassung der Verkehrsdaten. Die Erfassung kann mittels unterschiedlicher Techniken (Induktionsschleifen, Radar, Infrarot, digitale Bildauswertung, usw.) erfolgen.

Verkehrsfernsehen (VTV)

Mit VTV beobachtet eine Person den Verkehr auf der Strasse (Aufschaltung von Videobildern in der Leitzentrale und Überwachung durch eine Person). VTV dient der visuellen Verkehrsüberwachung und Verifizierung von Ereignissen.

Verkehrsleitsystem (VLS)

Anlage zur Verkehrsbeeinflussung mittels automatischer Prozesse für die Verkehrsdaten- und Ereigniserfassung, deren Verarbeitung und die Steuerung von Wechselsignalen und Ampeln. Dabei werden in der Regel nicht einzelne Signale gesetzt, sondern abschnittsweit ganze Verkehrssituationen, sogenannte Betriebszustände, geschaltet (z.B. Spurabbau mit entsprechender Geschwindigkeitsanpassung)

Verkehrsqualität

SN 640 018 beschreibt den Verkehrsfluss, die Verkehrsqualität und den Bewegungsspielraum des Fahrers in einer Verkehrssituation in sechs unterschiedlichen Qualitätsstufen A bis F, abgestuft von „vollkommen frei“ bis „Stillstand / dauernd instabil“.

Verkehrszustand (VZ)

In Anlehnung an die Verkehrsqualität kann im Fundamentaldiagramm mittels der Kenngrößen Verkehrsstärke, Verkehrsdichte und Geschwindigkeit laufend der aktuelle Verkehrszustand (z.B. Stau, stockender Verkehr, dichter Verkehr usw.) orts- und verkehrabhängig ermittelt werden. Dieser dient in Verkehrsleitsystemen als Grundlage für die Auslösung entsprechender Massnahmen wie Stauwarnung, Reduktion der Höchstgeschwindigkeit usw.

3 Methode

Für die Bearbeitung des Forschungsprojektes wurde folgendes Vorgehen gewählt:

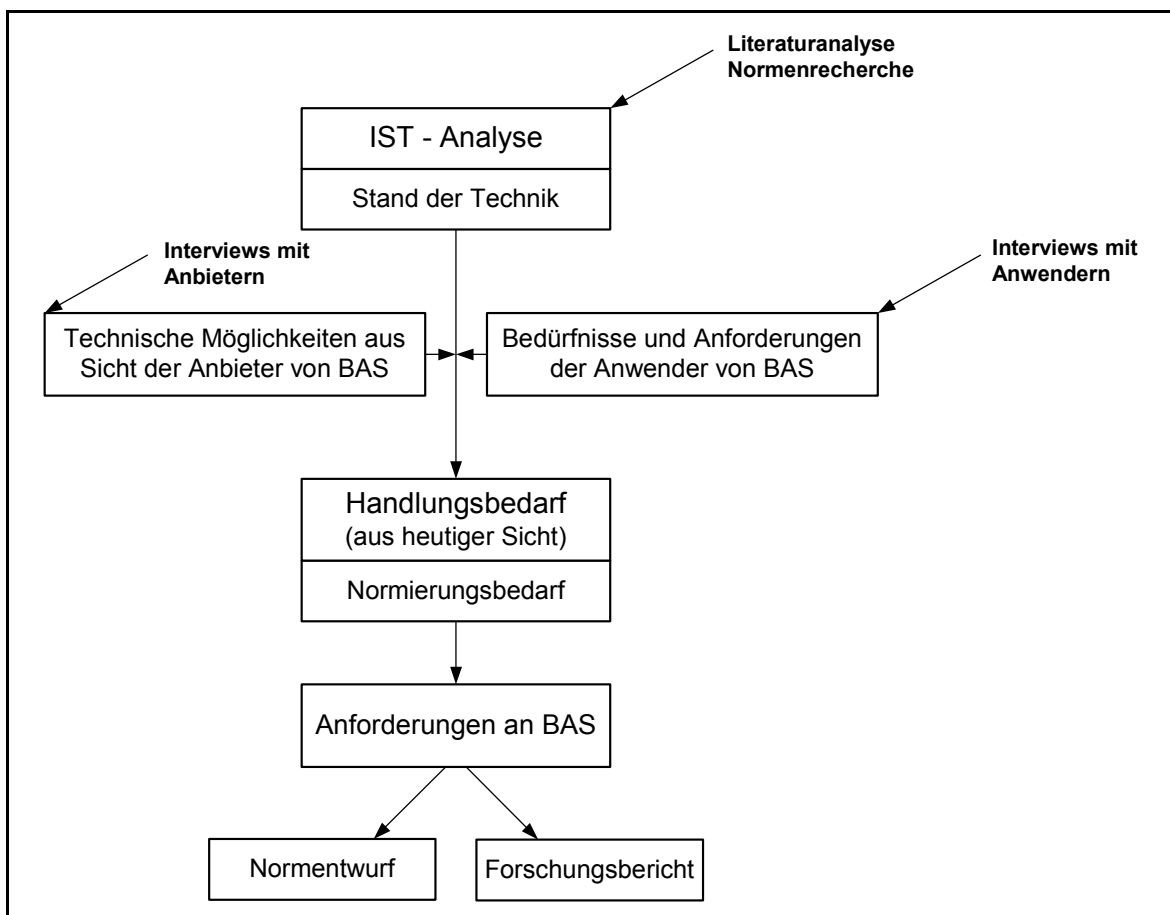


Abbildung 3: Konzeptionelles Vorgehen

In einem 1. Schritt wurden die notwendigen Grundlagen zusammengetragen und eine Ist-Analyse durchgeführt.

Der Stand der Technik wird dabei aufgrund einer Literaturlanalyse sowie einer Recherche von nationalen und internationalen Normen dargestellt.

Die nationale und internationale Normenrecherche hatte das Ziel, bereits bestehende Normierungen zum Thema BAS oder ähnlichen Themen wie Ereignisdetektion, VTV, Bildauswertung ausfindig zu machen und in den Normentwurf einfließen zu lassen. Untersucht wurden die VSS-Normen, Weisungen des ASTRA und das europäische Normenwerk CEN.

Um ein zielgerichtetes Vorgehen zu ermöglichen, wurde bereits in dieser frühen Phase ein erster Normenwurf entwickelt. Damit konnten ungeklärte Fragen und offene Punkte sehr rasch festgestellt werden.

Der Bezug zur Praxis wurde auf der Basis von gezielten Interviews hergestellt. Mit Interviews von verschiedenen Betreibern von BAS in der Schweiz (Kantonspolizei) sollten die bisherigen positiven und negativen Erfahrungen der Anwender ermittelt und deren konkrete Bedürfnisse und Anforderungen betreffend BAS erfasst werden. Bei diesen Interviews wurde darauf geachtet, dass verschiedene Autobahntypen (Überlandautobahn, Stadtautobahn) sowie Systeme verschiedener Hersteller berücksichtigt wurden. Der zuvor entwickelte Normentwurf diente dabei als wertvolle Grundlage für die Formulierung von konkreten Fragen an die Interviewpartner.

Gespräche mit Herstellern von BAS sollten die technischen Möglichkeiten und die Erwartungen aus Sicht der Lieferanten vertiefen. Dabei wurden Testberichte und Erfolgskontrollen ihrer Anlagen zur Beurteilung der Detektionsqualität herangezogen.

In einem 2. Schritt wurde der Handlungsbedarf aus heutiger Sicht sowie aufgrund der zu erwartenden Weiterentwicklung der Anwendungsmöglichkeiten von BAS ermittelt. Dabei wurde gezielt auf die unterschiedlichen Bedürfnisse und Erwartungen der Beteiligten (Bauherrschaft, Betreiber, Ingenieur, Lieferant, Verkehrsteilnehmer) eingegangen.

Daraus konnten der Handlungs- und Normierungsbedarf und die in der Forschungsarbeit noch zu vertiefenden Punkte hergeleitet werden.

Im dritten Schritt wurden die Anforderungen an BAS vertieft untersucht und entwickelt. Dabei wurden Themen wie Genauigkeitsanforderungen, Umwelteinflüsse, Montagebedingungen, technische Anforderungen, Prüfverfahren und Zertifizierung untersucht.

Daraus abgeleitet wurden letztendlich die Anforderungen an die Normierung mit dem entsprechenden Normentwurf.

4 Grundlagen

4.1 Stand der Technik

Der Stand der Technik wurde durch das Auswerten der vorhandenen Literatur sowie aufgrund der persönlichen Erfahrungen der Forschungsstelle ermittelt. Zudem wurden bei verschiedenen Herstellern von BAS Befragungen durchgeführt.

4.1.1 BAS im Rahmen einer Gesamtanlage

Bildauswertesysteme sind in der Regel Bestandteil einer Gesamtanlage zur Überwachung und Steuerung eines Strassenabschnittes. Die elektromechanischen Anlagen eines Strassenabschnitts, wie z.B. Beleuchtung oder Belüftung in einem Tunnel, sind meistens untereinander vernetzt und es findet ein Austausch von Daten statt. In der sogenannten Wirkmatrix (siehe Tabelle 1) wird definiert, wie eine bestimmte Anlage auf Inputs einer anderen Anlage autonom reagieren muss. Da auch BAS in den Verbund von solchen elektromechanischen Anlagen integriert sind, werden die Informationen aus BAS auch anderen Anlagen zu Verfügung gestellt. Ein BAS ist in der Regel Bestandteil einer Verkehrsfernsehanlage VTV.

Senken	Quellen				
	Stau	BAS Ereignisdetektion Stehendes Fahrzeug	Falschfahrer	Rauch	BMA Brand
Leitsystem	Anzeige Meldung	Anzeige Meldung	Anzeige Meldung	Anzeige Meldung	Anzeige Meldung
Verkehrsfernsehen	Aufschalten Kameras	Aufschalten Kameras	Aufschalten Kameras	Aufschalten Kameras	Aufschalten Kameras
Verkehrsregelanlage	Reduktion Geschw., Warnen	Reduktion Geschw., Warnen	Sperren	Sperren	Sperren
Beleuchtung	Beleuchtung 100%	Beleuchtung 100%	Beleuchtung 100%	Beleuchtung 100%	Beleuchtung 100%
Belüftung	Gemäss Programm	-	-	Brand-programm	Brand-programm

Tabelle 1: Beispiel Wirkmatrix

4.1.2 Aufbau Bildauswertesysteme

Abbildung 4 zeigt schematisch den Aufbau von heute eingesetzten BAS:

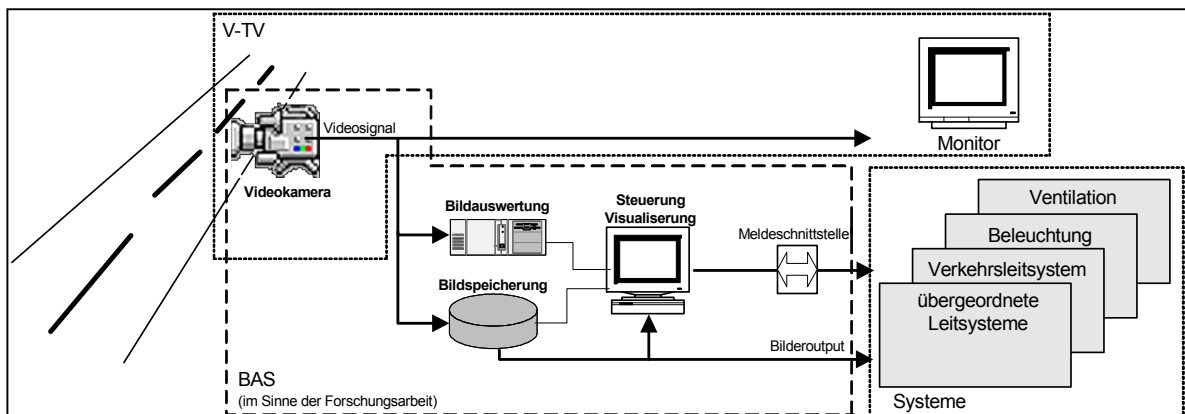


Abbildung 4: Übersicht BAS

Kamera

Die Kamera ist in der Regel nicht Bestandteil des BAS. Da jedoch die Qualität der Bilddaten für das BAS von zentraler Bedeutung ist, werden die Kameras in den Beschreibungen und Anforderungen mitberücksichtigt.

Für das BAS werden die gleichen Kameras wie für VTV verwendet. Diese Kameras arbeiten im Bereich des sichtbaren Lichts. Zum Teil werden Kameras mit einem erweiterten Spektrum im Infrarot-Bereich eingesetzt. Dieses Spektrum ist für die Wahrnehmung bei Dunkelheit oder für die Aufnahme von thermischer Strahlung wichtig.

Der Lichtsensor der Kamera ist in der Halbleitertechnologie (CCD Technologie) gefertigt. Er wandelt Licht in elektrische Größen um, welche in einem bestimmten Takt ausgewertet werden. Der Sensor ist digital, d.h. es werden diskrete Werte von diskreten Bildpunkten erfasst. Die Auflösungen liegen im Bereich von 100'000 bis zu mehreren 100'000 Bildpunkten (Pixel).

Bildauswertungseinheit

In dieser Einheit werden die Bilddaten ausgewertet. Die Bilder müssen in digitaler Form vorliegen. Ein Bild kann in mehrere Bereiche unterteilt und diese einzeln ausgewertet werden.

Die Auswertung kann direkt vor Ort (dezentrale Auswertung) oder abgesetzt in einer Leitzentrale (zentrale Auswertung) erfolgen. Die Auswertung der Bilddaten erfolgt mittels Algorithmen durch Software.

Steuerung/Visualisierung

In dieser Einheit werden die Prozesse des Systems aufgrund seiner Parametrierung gesteuert. Die Visualisierung (Bedienoberfläche) ermöglicht die Bedienung und Parametrierung des Systems und zeigt den aktuellen Systemzustand an.

Meldeschnittstelle

BAS liefern ausgewertete Daten für weitere Applikationen (z. B Verkehrsleitung, Beleuchtung und Belüftung in Tunnels, automatische Bildaufschaltung in Leitzentralen etc.). Als Meldeschnittstelle wird die Stelle im System bezeichnet, wo die Outputdaten des BAS als Inputdaten für andere Applikationen zu Verfügung gestellt werden.

Bildspeicherung

In Kombination mit Bildauswertesystemen werden oft digitale Bildspeicher eingesetzt. So werden im Ereignisfall Videobilder automatisiert gespeichert.

Diese Bildspeicher verfügen in der Regel über einen Ringspeicher. d.h. es werden ständig Daten in diesen Speicher geschrieben. Nach einem Umlauf werden die alten Daten wieder durch die neuen Daten überschrieben. Damit können im Ereignisfall auch die Bilder unmittelbar vor dem Ereignis (Vorlaufzeit) aus dem Ringspeicher herausgelesen und auf einem anderen Medium definitiv gespeichert werden. So wird es möglich, den Hergang eines Ereignisses zu rekonstruieren. Üblicherweise werden die Bilddaten maximal 24 Stunden (aufgrund von Datenschutzbestimmungen) zwischengespeichert bevor sie gelöscht bzw. überschrieben werden.

4.1.3 Bildauswertung

Bei den heutigen BAS werden in der Regel analoge Videosignale (Format: PAL) als Inputs bearbeitet. Diese Signale stammen entweder direkt von den Kameras oder als decodierte Signale ab Videodecoder, wobei in diesem Fall die Qualität der Signale ähnlich gut sein muss wie vor der codierten Übertragungstrecke.

Die Videobilder der Sensoren werden mit speziellen mathematischen Algorithmen der digitalen Bildverarbeitung analysiert. Die Algorithmen stellen zusammen mit einem umfangreichen Erfahrungsschatz die eigentlich Schlüsseltechnologie der BAS dar. Details zu den eingesetzten Algorithmen werden aus diesem Grund von den Herstellern keine bekannt gegeben.

In der digitalen Bildverarbeitung gibt es verschiedene Verfahren um Objekte zu identifizieren. Eines dieser Verfahren benutzt ein Referenzbild ohne Objekte (Hintergrund) und vergleicht das aktuelle Bild, indem z.B. die Grauwerte verglichen werden.

Ein weiteres Verfahren besteht darin mittels Kontraständerungen im Bild „Kanten“ eines Objektes zu identifizieren. Im Allgemeinen hat sich der Vergleich mit dem Hintergrundbild für die Auswertung von Verkehrssituationen am besten bewährt.

Da es sich bei den Grunddaten der BAS in der Regel um bewegte Videobilder handelt kommt bei der Analyse immer die zeitliche Dimension hinzu. Für das Erkennen von Bewegungen gibt es auch verschiedene Verfahren:

- Tracking Verfahren: Beim Tracking Verfahren werden identifizierte Objekte über mehrere Bilder hinweg verfolgt.
- Trip Wire (Stolperdraht) Verfahren: Bei diesem Verfahren werden im Bild virtuelle Linien gezogen, die Detektion erfolgt bei der Durchfahrt eines Objektes durch eine solche Linie.

Für die Parametrierung werden im Bild virtuelle Detektoren, Linien, Polygonzüge, Flächen usw. verwendet. Damit können verschiedene Detektionsbereiche im Bild markiert werden und es wird so ermöglicht, dass mit den Videobildern eines Bildsensors mehrere Fahrspuren einzeln durch das BAS ausgewertet werden können.

Durch die ständige Weiterentwicklung der Algorithmen und durch den technischen Fortschritt im Bereich der Hardware, wie Rechner und Kameras, wurde die Qualität der Resultate aus der Bildauswertung in den letzten Jahren laufend verbessert.

4.1.4 Übertragung von Bilddaten

Die Bildübertragung schliesst den Transport der Videoströmen zu den Leitzentralen, wo die Videoströme auf Monitoren dargestellt werden und zu der Bildauswertereinheit der BAS, wo die Bilder automatisiert ausgewertet werden, ein. Die Übertragung kann durch digitale oder analoge Signale erfolgen.

Digitale Übertragung

Videobilder werden heute oft zusammen mit Sprache und weiteren Daten über eine gemeinsame Kommunikationsplattform (Breitband-Netzwerk) verteilt. Auf der ganzen Strecke zwischen Kamera und Bildsenke (Bildauswertungssystem, Monitor) müssen aus diesem Grund die Bilddaten wiederholt gewandelt werden.

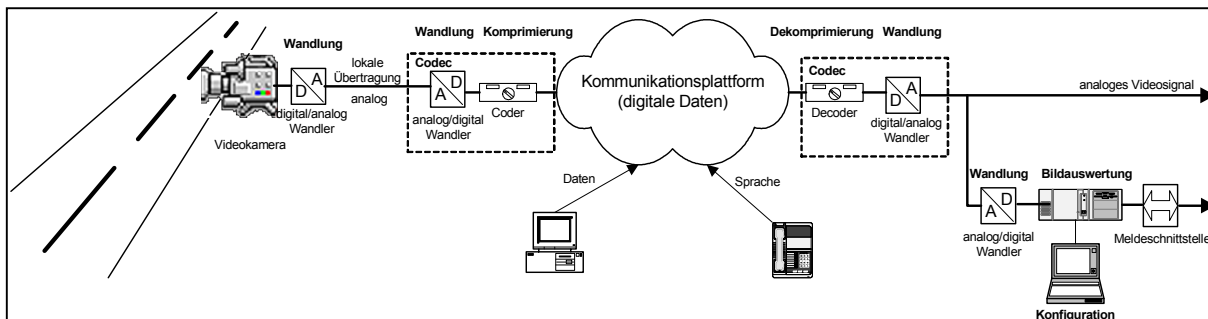


Abbildung 5: Herkömmliche (analoge) Datenübertragung

Bei der heute üblichen Datenübertragung (vgl. Abbildung 5) werden die Bilddaten je nach Stufe analog bzw. digital übertragen. Für eine zentrale Architektur eines BAS bzw. für das Verkehrsfernsehen ergibt sich somit folgender Ablauf:

- Die Kamera nimmt digitale Bilder auf → Die Bilder werden für die Übertragung analog gewandelt.
- Im nächsten Schritt werden die Bilddaten in die Kommunikationsplattform eingespeist. Dazu werden digitale Daten benötigt → Codec wandelt analoge Daten in digitale um und komprimiert diese zusätzlich (Datenmengen von digitalen Bilddaten beanspruchten viel Kapazität bei der Übertragung, gängige Video Komprimierungsverfahren sind: MJPEG und MPEG-2).
- Auf der Kommunikationsplattform können die Bilddaten frei verteilt werden.
- Für die lokale Übertragung bei der Senke müssen die Daten wieder dekomprimiert und analog gewandelt werden → Übertragung zur Bildauswerteeinheit oder zu einem Monitor.
- Für die Bildauswertung werden jedoch digitale Daten benötigt, wozu die analogen Bilddaten wieder digitalisiert werden müssen.

Weil keine der Transformationen verlustfrei durchgeführt werden kann, bedeutet jede Wandlung eine Verschlechterung der Datenqualität. Dies hat zur Folge, dass schlussendlich auch bei der Bildauswertung eine Verschlechterung der Qualität hin genommen werden muss.

Um die Qualitätsverluste möglichst gering zu halten, ist eine durchgängige digitale Behandlung der Bilddaten erstrebenswert. Dabei werden die Daten immer digital verarbeitet und übertragen. Einzig die Komprimierung der Bilddaten wird weiterhin nötig sein, da in der Regel die grossen Datenmengen mehrerer Videoströme in einem Kommunikationssystem nicht mehr bewältigt werden können. Jedoch existieren auch hier Verfahren, die es ermöglichen, Videodaten ohne Verluste zu komprimieren d.h. die ursprünglichen Daten vor der Komprimierung sind mit den Daten nach der Dekomprimierung völlig identisch (sogenannte reversible Algorithmen).

Eine durchgehend digitale Datenübertragung wäre heute zwar technologisch möglich, es sind jedoch heute auf dem Markt praktisch keine entsprechenden Komponenten, wie z.B. Kameras mit digitalem Ausgang, erhältlich.

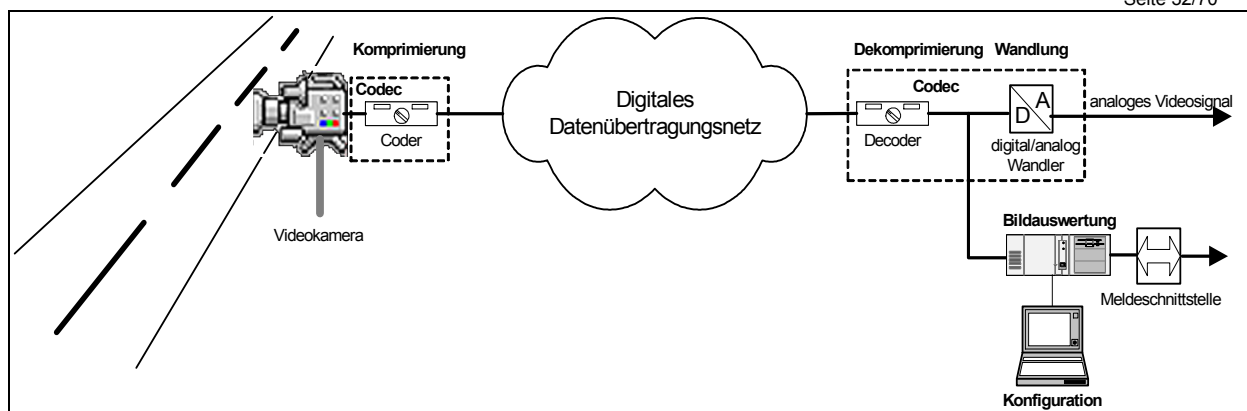


Abbildung 6: Digitale Datenübertragung

Um die Verluste bei der Übertragung der Bildinformationen zu umgehen, besitzen moderne BAS eine dezentrale Architektur. Dabei erfolgt die Bildauswertung direkt im Bildsensor (Kamera) vor Ort. Damit steht der Bildauswerteeinheit die volle Bildqualität zur Verfügung, d.h. mit geringeren Verlusten aus den verschiedenen Wandlungs- und Komprimierungsschritten.

Analoge Übertragung

Bilder können auch als analoge Signale übertragen werden. Diese Übertragung erfolgt in der Regel auf dezidierten Verbindungen, d.h. eine Mischung von Videoströmen, Daten und Sprache auf einem Medium ist nicht möglich. Mittels Multiplexer können mehrer Bildsensoren auf eine Übertragungsleitung geschaltet werden.

Heutige BAS verfügen in der Auswerteeinheit in der Regel über analoge Eingänge, d.h. die Kamerasignale werden, bei einer dezentralen Struktur des BAS, direkt in die Bildauswerteeinheit eingespeist.

4.1.5 Detektierbare Verkehrsdaten und Ereignisse

Die folgende Auflistung fasst die Daten zusammen, die durch heutige BAS erhoben werden können. Dabei existieren einzelne Systeme, durch welche weitere Verkehrsdaten erhoben und Ereignisse angezeigt werden können (siehe auch Interviews). Die mit einem Stern (*) markierten Daten werden im Entwurf zur Richtlinie für Verkehrsfernsehen vom ASTRA gefordert:

Verkehrsdaten:

- Verkehrsmenge pro Fahrstreifen (Anzahl Fahrzeuge pro Zeiteinheit)
- Durchschnittliche Geschwindigkeit pro Fahrstreifen (km/h)
- Verkehrszusammensetzung (z.B. PW/LKW in %)
- Für statistische Zwecke: Unterscheidung nach Fahrzeugkategorien (10 Kategorien gemäss „Swiss 10“: Bus, Motorräder, Personenwagen, Personenwagen+Anhänger, Lieferwagen, Lieferwagen+Anhänger, Lieferwagen+Auflieger, Lastwagen, Lastenzüge, Sattelzüge)

Ereignisse:

- Stehendes Fahrzeug* pro Fahrstreifen
- Verkehrszustand pro Fahrstreifen (Stau in verschiedenen Stufen)*
- Falschfahrer*
- Langsamfahrer pro Fahrstreifen
- Nischenbelegung*

- Gegenstand im Fahrbahnbereich*
- Rauchdetektion*

4.1.6 Applikationen

Die Outputdaten aus dem BAS werden als Inputdaten für weitere Systeme verwendet. Folgende Systeme können die Informationen aus dem BAS verwenden:

- Verkehrsfernsehen VTV: für die automatische Kameraaufschaltung
- Verkehrsleitsystem VLS: für das Schalten von Betriebszuständen
- Beleuchtung: für das Hochschalten im Ereignisfall
- Ventilation (Belüftung): für das Hochschalten im Ereignisfall
- UKW Besprechung: Durchsagen im Ereignisfall
- Übergeordnetes Leitsystem: Anzeigen von Ereignissen (Alarmer) und Verkehrsdaten
- weitere

Die Beziehung zwischen den verschiedenen Systemen, wie ein System auf die Inputs eines anderen Systems reagieren muss, wird in der Wirkmatrix definiert. Das BAS selber erhält in der Regel keine Inputs von anderen Drittsystemen. Ausnahme: Bei Gegenverkehr in grundsätzlich richtungsgetrennten Tunnelröhren muss die Ereignisdetektion „Falschfahrer“ unterdrückt werden (Input vom VLS).

In den Verkehrsleitzentralen werden die Outputdaten aus dem BAS entgegengenommen und weiterverarbeitet. Falls aufgrund der Outputdaten ein Ereignis detektiert wird, können die entsprechenden Kameras zusätzlich auf die Monitore in einer Leitzentrale manuell oder automatisch aufgeschaltet werden, wodurch die Situation so auch visuell beurteilt werden kann.

Die ausgewerteten Daten können auch als Input für ein Verkehrsleitsystem verwendet werden, in Tunneln zusätzlich noch für die Beleuchtung (z.B. bei Stauerkennung, Brand) und die Ventilation (bei Stauerkennung, Brand)

Oft sind BAS mit Bildspeichereinheiten ausgerüstet, so können die Ereignisse automatisch gespeichert werden. Solche Systeme sind als Ringspeicher ausgebildet, d.h. es werden ständig alle Daten abgespeichert und nach einem Umlauf (z. B. nach 24 Stunden) des Ringspeichers wieder überschrieben. Tritt ein Ereignis auf, so kann die Zeit vor und nach (Vor- und Nachlaufzeit) dem Ereignis dauerhaft in einem Archiv gesichert werden.

Aufgrund des zu erwartenden technischen Fortschrittes im Bereich der Bildauswertung und Rechnerhardware ist in Zukunft mit einem weiteren Einsatzgebiet von BAS zu rechnen.

4.1.7 Einsatzorte

In der Schweiz werden BAS heute grösstenteils in Tunneln eingesetzt. Dies aus verschiedenen Gründen: Die Sicherheitsauflagen in Tunneln fordern heute eine Ereignisdetektion mit BAS. Umweltbedingungen (Lichtverhältnisse, Nebel, Niederschlag, bewegte Bäume etc.) sind in Tunneln wesentlich stabiler und statischer als auf der offenen Strecke, dies vereinfacht die Bildauswertung, die Fehlerquote der erhobenen Daten ist kleiner.

In der Vergangenheit wurden die Tunnel grossflächig mit VTV zur Überwachung des Verkehrs ausgerüstet. Bei der Sanierung dieser Anlagen wird heute in der Regel ein BAS nachgerüstet.

Daneben werden heute auch vereinzelt offene Strecken bzw. an Tunnel angrenzende Strassenabschnitte mit BAS ausgerüstet. Mit einer wachsenden Zuverlässigkeit werden BAS auch auf der offenen Strecke zunehmend zum Einsatz kommen.

Von BAS detektierte Ereignisse lösen heute aufgrund der hohen Fehlerquote in der Regel keine voll-automatischen Prozesse zur direkten Umsetzung von Betriebs- oder Signalisationszuständen aus. Die BAS werden - ausser bei der automatischen Kameraaufschaltung beim Verkehrsfernsehen – vorwiegend unterstützend eingesetzt, d.h. die Ereignisse bzw. darauf aufbauende Betriebszustände müssen vor dem Schalten durch das Betriebspersonal verifiziert bzw. bestätigt werden.

4.1.8 Erfahrungswerte, Fehlerquoten

In der Praxis hat sich gezeigt, dass BAS mit einer hohen Fehlerquote bei der Detektion von Ereignissen eine Vielzahl von Fehlalarmen (mehrere pro Stunde) generieren, welche den Nutzen des Systems zunichte machen können, dies trifft v. a. auf ältere Systeme zu, die Mitte der Neunziger Jahre realisiert wurden.

Zur Zeit sind BAS auf der offenen Strecke wesentlich schwieriger zu realisieren, als im Tunnel. Nur wenige Hersteller bieten heute BAS für die offene Strecke an.

Bei der Inbetriebnahme von BAS hat sich gezeigt, dass ein grosser Parametrierungsaufwand betrieben werden muss, bis solche Systeme mit tolerierbaren Fehlerquoten arbeiten. Dabei muss das System an die Umweltbedingungen angepasst werden. Dieser Vorgang kann heute Wochen bis Monate dauern bis befriedigende Resultate erzielt werden.

Es existiert heute noch kein standardisiertes Prüfverfahren um die Qualität von BAS objektiv beurteilen zu können. Die Abnahmekriterien für das BAS werden jeweils projektspezifisch definiert.

4.1.9 Einschränkungen, Umwelteinflüsse

Bildauswertungen werden mittels Algorithmen durchgeführt und liefern bei konstanten Rahmenbedingungen die zuverlässigsten Resultate. Folgende Einflüsse können die Qualität der Bildauswertung vermindern:

- Sich ändernde Lichtverhältnisse: direkte Sonneneinstrahlung, Tag/Nacht, Lichtreflexionen an Flächen, Gegenlicht
- Schlechte Sichtverhältnisse: mangelnder Kontrast durch Gischt, Nebel, Rauch, Schnee, Dunkelheit (bei geringer Umgebungshelligkeit nimmt die Empfindlichkeit der Kameras rasch ab, die Bildqualität wird durch Rauschen in den Bildsensoren verschlechtert.
- Ungünstige Kameraposition: Abdeckungen (ein Objekt wird durch ein anderes abgedeckt, z.B. LKW deckt im Bild PWs ab), zu flacher Bildwinkel, Blendungseffekte bei Gegenverkehr (sogenannte Blooming und Smearing Effekte bei Kameras)
- Zusätzlich bewegte Objekte (z.B. Bäume im Wind)
- Vibrationen
- Verschmutzung, Wasser, Eis, Schnee oder Insekten auf dem Kameraobjektiv

In Tunneln hat sich gezeigt, dass die Tunnelbeleuchtung einen grossen Einfluss auf die Qualität der in BAS erzeugten Daten hat. Die Adaptationsbeleuchtung in den Portalbereichen und die Umschaltungen der Tag/Nachtbeleuchtung führen zu Schwankungen bei den Umfeldbedingungen, schlecht ausgeleuchtete Tunneln erschweren zusätzlich die Bildauswertung.

Allgemein gilt, dass Daten aus einer Bildauswertung fehlerbehaftet sind, eine 100%-ige Detektions-sicherheit ist mit der heutigen Technik nicht möglich. Die Fehlerrate liegt im Bereich von Prozenten und hängt stark von den projektspezifischen Gegebenheiten ab.

4.2 Stand der Normierung

Zum Thema des vorliegenden Forschungsberichtes gibt es bis heute keine entsprechende Normierung. Zu verwandten Themen wurden jedoch bereits Normen und normähnliche Richtlinien verfasst.

4.2.1 Schweiz

Aufgrund der Normenrecherche wird die Grundlagennorm Strassenverkehrstelematik (SN 640 871) im VSS Normenwerk sowie die VSS Norm zur Leistungsfähigkeit, Verkehrsqualität, Belastbarkeit (SN 640 018) als relevant betrachtet. Im weiteren wurden zwei Arbeiten gefunden, welche zwar nicht den Status einer Norm haben, für den vorliegenden Forschungsbericht jedoch gleichwohl von Interesse sind. Es sind dies der im Auftrag des ASTRA erarbeitete Richtlinienentwurf „Verkehrsfernsehen“ aus dem Jahr 2003 sowie der ebenfalls vom ASTRA in Auftrag gegebene Forschungsauftrag über Systeme für die automatische Verkehrskontrolle mit digitaler Bildtechnik aus dem Jahr 2002.

VSS SN 640 871 Strassenverkehrstelematik Grundlagennorm (Nov. 1999)

Die Norm bildet die Grundlage für die Einzelnormen, in welchen einzelne Aspekte für Entwurf, Projektierung, Betrieb und Beurteilung von Verkehrstelematiksystemen festgelegt werden.

Bezüglich der zu erarbeitenden Einzelnorm über Systeme für die automatische Verkehrsüberwachung (Monitoring) mittels digitaler Bildanalyse gibt die Grundlagennorm die Stossrichtung grob vor. So soll die Norm die Funktionalität der beiden Aufgabenbereiche Ereignisdetektion und Verkehrszustandserfassung für Strassenverkehrsanlagen beschreiben und die entsprechenden Beurteilungsaufgaben festlegen. Im weiteren sind die qualitativen und quantitativen Anforderungen an BAS zu definieren. Detektionsqualität, Systemflexibilität und Anpassbarkeit an rein technische Anforderungen sind ebenso Normbestandteile wie Systemintegrations- und Schnittstellenstandards.

VSS SN 640 018 Leistungsfähigkeit, Verkehrsqualität, Belastbarkeit (April 1999)

Die Norm beschreibt das Verfahren für die verkehrstechnische Dimensionierung und für die Beurteilung des Verkehrsablaufs auf freien Strecken der Nationalstrassen.

Sie dient der Vereinheitlichung des Verfahrens, um auf freien Nationalstrassenstrecken von einem gegebenen Verkehrsangebot auf die Leistungsfähigkeit, die den Verkehrsqualitätsstufen zugeordneten Verkehrsstärken und die Belastbarkeit zu schliessen. In der Norm sind sechs unterschiedliche Verkehrsqualitätsstufen definiert:

Qualitätsstufe	Verkehrsfluss	Verkehrsqualität	Bewegungsspielraum des Fahrers
Stufe A	vollkommen frei	ausgezeichnet	in vollem Umfang
Stufe B	nahezu frei, stetig (oberer Geschwindigkeitsbereich)	gut	geringfügige Einflüsse durch übrige Verkehrsteilnehmer
Stufe C	teilweise gebunden, stabil (unterer Geschwindigkeitsbereich)	befriedigend	bemerkbar eingeschränkt (v. a. bei Fahrstreifenwechsel)
Stufe D	gebunden, annähernd stabil	ausreichend	stark eingeschränkt (ständige Behinderungen)
Stufe E	stark gebunden, teilweise instabil	mangelhaft	extrem eingeschränkt kleinere Inhomogenitäten führen rasch zu Stillstand
Stufe F	Unterbrechung, Stillstand («Stop-and-go-Verkehr»), dauernd instabil	überlastet	stockender oder stillstehender Kolonnenverkehr (Überlastung)

Tabelle 2: Verkehrsqualitätsstufen für freie Strecken auf Autobahnen (SN 640 018)

Je nach Strassentyp und Schwerverkehrsanteil sind den verschiedenen Verkehrsqualitätsstufen maximale Verkehrsdichten (Fz/km pro Richtung) und Verkehrsstärken (Fz/h pro Richtung) zugeordnet. Untenstehende Tabelle enthält die Angaben für die gängigsten Autobahntypen.

Autobahntypen Schwerverkehrsanteil [%] <i>Types d'autoroutes et pourcentage [%] de trafic de véhicules lourds</i>	Max. Verkehrsdichte (Mfz/km, Richtung) je Verkehrsqualitätsstufe <i>Densité maximale de circulation (vhc/km, direction) par niveau de service</i>						Max. Verkehrsstärke (Mfz/h, Richtung) je Verkehrsqualitätsstufe (zugeordnete Verkehrsstärke) <i>Débit max. de circulation (vhc/h, direction) par niveau de service (débit de circulation correspondant)</i>					
	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
Typ 2×3-N ≤ 5% 10% ≥ 15%	20	35	50	60	75	*	2400	4100	4900	5300	5500	*
							2400	4100	4800	5100	5300	*
							2400	4100	4700	4900	5100	*
Typ 2×3-R** ≤ 5% 10% ≥ 15%	15	30	45	60	85	*	1500	2700	4000	4900	5300	*
							1500	2700	4000	4900	5100	*
							1500	2700	3900	4700	5000	*
Typ 2×3-SR** –	15	30	45	65	90	*	1200	2400	3500	4500	4900	*
Typ 2×2-N ≤ 5% 10% ≥ 15%	10	20	30	40	50	*	1200	2300	2900	3400	3600	*
							1200	2300	2900	3300	3400	*
							1200	2300	2800	3200	3300	*
Typ 2×2-R ≤ 5% 10% ≥ 15%	10	20	30	40	60	*	1000	1800	2600	3200	3400	*
							1000	1800	2600	3100	3300	*
							1000	1800	2500	3000	3200	*
Typ 2×2-SR –	10	20	30	45	70	*	800	1500	2100	2900	3200	*

Tabelle 3: Richtwerte für Verkehrsdichten und Verkehrsstärken für unterschiedliche Autobahntypen (SN 640 018)

Die verschiedenen Strassentypen sind folgendermassen definiert:

Ausbaugrad	Normal (N)	Reduziert (R)	Stark reduziert (SR)
Lage/Anwendung	ausserorts	<ul style="list-style-type: none"> - ausserorts bei erschwerten topographischen Verhältnissen - innerorts und in Agglomerationsgebieten (kurze Anschlussabstände) - in Tunneln 	
Ausbaugeschwindigkeit V_A (in der Regel auch Höchstgeschwindigkeit)	120 km/h (generell)	100 km/h (signalisiert)	80 km/h (signalisiert)
zweistreifig	Typ 2x2-N	Typ 2x2-R	Typ 2x2-SR
dreistreifig	Typ 2x3-N	Typ 2x3-R	Typ 2x3-SR

Tabelle 4: Definition der verschiedenen Autobahntypen (SN 640 018)

Im weiteren macht die Norm Angaben zu den Qualitätsstufen für längere Steigungsstrecken und für unterschiedliche Betriebsformen im Baustellenbereich.

In der Norm werden jedoch keine Angaben gemacht, ab welcher Qualitätsstufe verkehrsbeeinflussenden Massnahmen auf der Strecke ergriffen werden sollen. Für die in der Grundlagennorm geforderte Differenzierung der Belastung für die Auslösung oder Prognose von verkehrsbeeinflussende Massnahmen können die in SN 640 018 definierten Qualitätsstufen teilweise zusammengefasst werden.

Richtlinie ASTRA (Bereich Tunnel und Elektromechanik): Verkehrsfernsehen (Entwurf 2003)

In diesem Entwurf sind Anforderungen für die Verkehrsüberwachung mittels Videokameras festgelegt. Die Überwachung geschieht jedoch manuell, d. h. eine Person überwacht das Verkehrsgeschehen auf einem Monitor.

Die automatische Ereignisdetektion wird in einem kurzen Abschnitt erwähnt. Als Voraussetzung für die automatische Ereignisdetektion wird eine Funktionstüchtigkeit von 99% gefordert. Aus dem Entwurf geht jedoch nicht hervor, auf welches Meldeverhalten sich dieser Wert bezieht.

Im weiteren werden Angaben zu den Ereignissen gemacht, welche beim derzeitigen Stand der Technik erkannt werden müssen. Es sind dies:

- Stauwarnung / Staubildung (3 Stufen von „zu erwartender Stau“ bis „stehende Fahrzeuge“)
- Einzelnes stehendes Fahrzeug (Pannenfahrzeug) oder Gegenstand im Fahrbahnbereich und Nischen (Nischenbelegung)
- Falschfahrer
- Detektion von Brand bzw. Rauch

Zusätzlich finden sich im Entwurf für BAS relevante Angaben zu folgenden Themen:

- Lichtverhältnisse: Die Videoüberwachung muss mit Lichtstärke ab 0.5 cd (Candela) arbeiten
- Bilderfassung: Angaben zu Kameras, Objektiven, Kameragehäusen und Kamerabefestigungen
- Bildspeicher/Archivierung: Angaben zum Ort der Archivierung, Anforderungen an die Archivierung, Datenschutz und Datensicherung

Die vorliegenden Angaben zu den Schnittstellen und zur Systemumgebung sind sehr generell gehalten und beinhalten keine exakten Vorgaben, welche für den Forschungsbericht übernommen werden könnten. Dieselbe Aussage trifft auch auf die Angaben zu Bedienung und Betrieb zu.

Der Richtlinienentwurf macht keine Aussagen zum Meldeverhalten bei der automatischen Ereignisdetektion. Des weiteren gibt es auch keine Angaben zu Prüfverfahren, Erfassungsintervall und zur Erfassungsgeschwindigkeit sowie keine Anforderungen an die Zuverlässigkeit. Ebenfalls fehlen detaillierte Angaben zu den Umwelteinflüssen, welche die Datenerhebung mittels BAS beeinflussen können.

Forschungsauftrag VSS 1999/301: Systeme für die automatische Verkehrskontrolle mit digitaler Bildtechnik Sept. 2002; zukünftige SN 671 971

Dieser Forschungsbericht behandelt die Aspekte rund um den Beweisdatensatz welcher für die Verhängung einer Ordnungsbusse notwendig ist. Die Aspekte Bildverarbeitung und automatische Kontrollschilderkennung spielen in diesem Bericht jedoch eine untergeordnete Rolle. Als Grundlage für den vorliegenden Forschungsbericht liegen weder Angaben zur notwendigen Datenqualität für Monitoring-zwecke noch Angaben zu Prüfverfahren vor.

4.2.2 Deutschland

Bundesamt für Strassenwesen (Abteilung Strassenbau): Technische Lieferbedingungen für Streckenstationen (TLS) 2002

Vor dem Hintergrund, die Bundesautobahnen mit einem umfassenden Verkehrserfassungssystem auszustatten, soll mittels den TLS unter anderem sichergestellt werden, dass die Kenngrößen des Verkehrsflusses für die Beurteilung der aktuellen Verkehrssituation sowie für statistische Zwecke in ganz Deutschland qualitativ einheitlich erfasst werden.

Zur Datenerfassung mittels digitaler Bildverarbeitung werden dabei keine expliziten Angaben gemacht. Allerdings finden sich Hinweise zur geforderten Datenqualität für die unterschiedlichen Verwendungszwecke von Verkehrsdaten (aktuelle Beurteilung, Statistik). Konkret werden an die Datenqualität folgende Anforderungen gestellt:

Beschrieb	Erfassungsgenauigkeit
Lokale Geschwindigkeitsmessung zur Verkehrszustandserfassung	Delta v < 3% für v > 100 km/h Delta v < 3 km/h für v < 100 km/h
Lokale Messung der Verkehrsmenge zur Verkehrszustandserfassung	Delta q _{Pkw} < 20% für q _{Pkw} ≤ 10 Pkw/min Delta q _{Pkw} < 10% für q _{Pkw} > 10 Pkw/min Delta q _{Lkw} < 35% für q _{Lkw} ≤ 10 _{Lkw} /min Delta q _{Lkw} < 20% für q _{Lkw} > 10 _{Lkw} /min
Lokale Messung der Verkehrsmenge für Verkehrsstatistik	Delta q _{Pkw} < 3% Delta q _{Lkw} < 5%
Lokale Messung der Geschwindigkeit für Verkehrsstatistik	Delta v < 3% für v > 100 km/h Delta v < 3 km/h für v < 100 km/h

Tabelle 5: Anforderungen an die Datenqualität gemäss TLS

Zusätzlich werden Angaben zu Prüfverfahren gemacht. In den TLS nicht enthalten sind Angaben zur Datenqualität für die Ereignisdetektion (stehendes Fahrzeug, Falschfahrer, Nischenbelegung usw.).

4.2.3 Europa

Europäische Vornorm ENV13563: Fahrzeug-Detektoren (Anlagen zur Verkehrssteuerung) 2000

Diese Europäische Vornorm legt die allgemeinen Anforderungen an Leistungseigenschaften für Detektoren zum Einsatz bei Verkehrssteuerungssystemen fest. Dabei sind jedoch weder spezielle Technologien, noch bestimmte Anwendungsfälle, für die ein Detektor verwendet werden kann, genau spezifiziert.

4.3 Interviews

Mit Interviews wurden der aktuelle Stand der Technik und die weiteren Entwicklungen, die Erfahrungen mit BAS im Betrieb, sowie die Anliegen und Bedürfnisse der Betreiber stichprobenweise in Erfahrung gebracht. Die Interviews mit den Betreibern decken Objekte aus unterschiedlichen Regionen in der Schweiz ab, und tragen damit auch dem Unterschied zwischen städtischen und Überland-Situationen, hoch- und schwachfrequentierten Tunnels sowie den unterschiedlichen Lebensdauern der BAS (Zeitpunkt der Inbetriebnahme) Rechnung.

Die Interviews mit den Herstellern bilden einen repräsentativen Querschnitt der in der Schweiz und im nahen Ausland eingesetzten Systeme. Die folgenden Abschnitte enthalten jeweils eine Zusammenfassung der einzelnen Interviews.

4.3.1 Interviews mit Betreibern

A Verkehrspolizei Kanton Aargau

Der Kanton Aargau war einer der ersten Kantone, welcher BAS auf Autobahnen einsetzte. Aufgrund von Bauarbeiten auf dem Autobahnnetz und der hohen Fehlalarmquote waren die Systeme am Baregg und auf der A3 zum Zeitpunkt des Interviews jedoch ausser Betrieb.

Anlage

Inbetriebnahme des Systems: ab 1996 in Tunneln auf der A1 (Baregg) und der A3 (Bözberg), ab 2001 auf der offenen Strecke bei der Verzweigung A1/A2 Wiggertal

Überwachungsraum: Überwacht werden sowohl die Tunnels (Kameraabstände 100-150m), wie auch bestimmte Abschnitte der offenen Strecke (Kameraabstände ca. 1.5km). Zur Zeit sind ca. 120 Kameras in Betrieb.

Detektierbare Grössen:

- Stehendes Fahrzeug
- Falschfahrer
- Nischenbelegung
- Standstreifenbelegung
- Stau
- Staugefahr

Meldungsart: Aufschaltung der entsprechenden Kameras am Ort des Ereignisses in der Leitzentrale. Visuelle Kontrolle des Ereignisses auf dem Bildschirm, keine automatischen verkehrsbeeinflussenden Massnahmen.

Weitere Detektoren: Induktionsschlaufen für statistische Daten (AVZ des ASTRA); Kaltrauchdetektoren der Brandmeldeanlage

Erfahrungen der Anwender mit BAS

Betrieb

Zum Zeitpunkt der Besprechung war das BAS aus verschiedenen Gründen weder in den Tunnel, noch auf der offenen Strecke in Betrieb. Das System am Baregg ist aufgrund der Bauarbeiten nicht in Betrieb, die Systeme im Belchen- und im Bözbergtunnel sind aufgrund der hohen Fehlalarmquote ausser Betrieb. Zur Illustration: während der Besprechung wurde das BAS zu Demonstrationszwecken aktiviert und innerhalb einer halben Stunde wurden drei Fehlalarme ausgelöst.

Bei der Verzweigung Wiggertal verfügt die Polizei für eine fundierte Aussage noch über zu wenige Erfahrungswerte. Die Meldung „Standstreifenbelegung“ funktioniert jedoch mit einer befriedigenden Zuverlässigkeit. Das BAS ist dort jedoch auch nicht aktiviert.

Fazit: Aufgrund der Bauarbeiten auf dem Autobahnnetz und den hohen Fehlerquoten bei der Detektion verzichtet der Kanton Aargau zur Zeit auf den Betrieb seiner BAS. In der Leitzentrale wird das Verkehrsgeschehen ausschliesslich visuell (VTV) anhand der Geschehnisse auf den Monitoren beurteilt. Insbesondere auch da Verkehrsüberlastungen regelmässig zu bekannten Zeiten auftreten und die Kameraaufschaltung dementsprechend gewählt werden können.

Zuverlässigkeit des Systems

Ereignisdetektion: Die Fehlalarmquote wird von der Polizei auf über 30% geschätzt. Statistiken zur Zuverlässigkeit werden von der Polizei jedoch keine erhoben.

Auch wenn aufgrund eines Alarmes keine weiteren Aktionen automatisch ausgelöst werden, ist eine Fehlalarmquote von über 30% als nicht praktikablen Wert für den Betrieb einzustufen.

Verkehrszustandserfassung: Die Verkehrszählungen mit BAS weisen Fehler von +/- 50% auf. Sie sind also weder als Inputdaten für ein Fundamentaldiagramm noch für statistische Zwecke verwendbar.

Anforderungen an die Zuverlässigkeit aus Sicht der Anwender

Aufgrund des Interviews mit der Polizei wurde festgestellt, dass betreffend Zuverlässigkeit folgende zwei Fälle unterschieden werden müssen:

- 1 Zuverlässigkeit von Daten welche automatisch verkehrsbeeinflussende Massnahmen auf der Strecke aktivieren.
- 2 Zuverlässigkeit von Daten welche nach der Alarmierung noch visuell überprüft werden und nachfolgend die verkehrsbeeinflussenden Massnahmen manuell aktiviert werden.

Die Verkehrspolizei des Kantons Aargau wird auch zukünftig alle eingehenden Alarme visuell am Bildschirm überprüfen, bevor Massnahmen auf der Strecke ergriffen werden. Für einen effizienten Betrieb des BAS ohne automatische Aktivierung von verkehrsbeeinflussenden Massnahmen könnte eine Fehlalarmquote von 10% toleriert werden. Falls die Zuverlässigkeit der Systeme noch stark verbessert werden könnte, wären Automatisierungen neu zu überdenken. In Zahlen ausgedrückt heisst dies folgendes:

- Korrektheit der Daten von 99% für den Fall 1
- Korrektheit der Daten von 90% für den Fall 2

Systemoptimierungen aus Sicht der Anwender

In der heutigen Situation kann die Polizei keine detaillierten Wünsche zur Systemoptimierung abgeben. Wünschenswert wäre ein operables System mit einer Fehlalarmquote unter 10%. Das aktuelle Verkehrsaufkommen kann jedoch mittels rein visueller Kontrolle der Monitore bewältigt werden.

B Verkehrspolizei Kanton Fribourg

Seit 1998 wurden auf der A1 im Kanton Fribourg verschiedene Tunnel mit BAS ausgerüstet. Auf der offenen Strecke findet BAS bis heute keine Anwendung.

Anlage

Inbetriebnahme des Systems: Anschluss Murten („Les Vignes“ und „Combette“) ab 1998, Anschluss Estavayer le Lac („Tranchée de Frasses“ und „Tranchée de Sevaz“) ab 2001

Überwachungsraum: Überwacht werden ausschliesslich die Tunnel (inkl. Portalbereiche und offene Strecke ca. 300m vor und nach den Portalen).

Detektierbare Grössen:

- Stehendes Fahrzeug
- Falschfahrer
- Nischenbelegung
- Stau
- Verlangsamung des Verkehrsflusses (Staugefahr)

Meldungsart: Aufschaltung der entsprechenden Kameras am Ort des Ereignisses in der Leitzentrale. Automatische Aktivierung von „gelb blinken“ und Senkung der Geschwindigkeit auf der Strecke (ausgenommen bei Branddetektion).

Weitere Detektoren: Induktionsschlaufen für statistische Daten (nicht verknüpft mit dem BAS)

Erfahrungen der Anwender mit BAS

Betrieb

Zum Zeitpunkt der Besprechung ist nur das BAS in den Tunnel „Les Vignes“ und „Combette“ in Betrieb. Allerdings wird nicht der ganze Tunnelbereich abgedeckt, sondern nur ein Teilbereich im Innern der Tunnel. Auf den ersten, respektive letzten 100m eines Tunnels ist das BAS nicht in Betrieb.

Die Erfahrungen mit dem System werden von der Polizei als positiv beurteilt. Das BAS wird als Verbesserung für die Verkehrsüberwachung und das Einleiten von erforderlichen Verkehrsbeeinflussungen gesehen.

Zuverlässigkeit des Systems

Die Fehlalarmquote für die Ereignisdetektion wird von der Polizei auf ca. 10 - 20% geschätzt. Die Polizei verfügt jedoch über keine eigenen detaillierten Statistiken.

Gründe für die mangelnde Zuverlässigkeit

Als Hauptursache für die ungenügende Zuverlässigkeit des Systems wird von der Polizei die Sonneneinstrahlung genannt. Die Lage der Tunnels in West – Ost Richtung führt dazu, dass morgens und abends die Sonne relativ weit in den Tunnel hineinstrahlt und so Fehlalarme auslöst.

Neben der Sonneneinstrahlung wird bei Regen die nasse Fahrbahn als weiterer Grund für Fehlalarme (vor allem Falschfahrer) angegeben.

Anforderungen an die Zuverlässigkeit aus Sicht der Anwender

Die Verkehrspolizei des Kantons Fribourg macht dieselben Angaben wie ihre Aargauer Kollegen, also 99%-ige Zuverlässigkeit der Daten, falls automatisch verkehrsbeeinflussende Massnahmen auf der Strecke aktiviert werden und 90% wenn die Daten nach der Alarmierung noch visuell überprüft werden und nachfolgend die verkehrsbeeinflussenden Massnahmen manuell aktiviert werden.

Systemoptimierungen aus Sicht der Anwender

Aus Sicht der Anwender wäre es wünschenswert, wenn die Ereignisdetektion nicht nur im Innern der Tunnel zuverlässig funktionieren würde, sondern auch in den Portalbereichen.

Branddetektion und Erhebung von statistischen Daten mittels BAS sind für die Polizei nicht prioritär anzustrebende Ziele.

C Verkehrspolizei Kanton Baselstadt

Auf dem Stadtautobahnnetz des Kantons Basel Stadt kommen seit 1999 BAS zur Anwendung. Überwacht werden sowohl Tunnel wie auch die offene Strecke.

Anlage

Inbetriebnahme des Systems: ab 1999, Osttangente ab 2001

Überwachungsraum: Überwacht werden sowohl die Tunnel (Kameraabstände 80 - 100m) wie auch die offene Strecke (Kameraabstände ca. 200m)

Detektierbare Grössen:

- Stehendes Fahrzeug
- Falschfahrer
- Nischenbelegung
- Standstreifenbelegung
- Stau (drei Stufen)
- Staugefahr
- Geschwindigkeit (Schwellenwertgrenze mit Zeitverzögerung)
- Anzahl Fahrzeuge (im Querschnitt)
- Branderkennung im Test

Meldungsart: Aufschaltung der entsprechenden Kameras am Ort des Ereignisses in der Leitzentrale. Akustischer Alarm. Visuelle Kontrolle des Ereignisses auf dem Bildschirm, keine automatischen verkehrsbeeinflussenden Massnahmen.

Weitere Detektoren: Induktionsschlaufen für statistische Daten (AVZ des ASTRA)
Radarsensoren für VLS (nicht verknüpft mit dem BAS)
Kaltrauchdetektoren der Brandmeldeanlage

Zusätzliche Bemerkungen: Ein Alarm wird vom System nicht ereignisspezifisch ausgewertet. In der Leitzentrale wird also lediglich Alarm ausgelöst und die entsprechenden Kameras aufgeschaltet. Der Zentralist muss durch visuelle Kontrolle der Bildschirme klären, um was für ein Ereignis es sich handelt und welche weiteren Schritte einzuleiten sind.

Ein Brand wird vom System zwar als Ereignis erkannt, jedoch nicht als Brand interpretiert und gemeldet. Alle Tunnel auf dem Nationalstrassennetz des Kantons Basel Stadt verfügen zur Detektion von Brandereignissen über eine herkömmliche Brandmeldeanlage. Beobachtungen der Kantonspolizei zeigen allerdings, dass ein Brandereignis vom Videosystem schneller erkannt wird als von einer Brandmeldeanlage.

Erfahrungen der Anwender mit BAS

Betrieb

Zum Zeitpunkt der Besprechung ist das BAS in den Tunneln wie auch auf der offenen Strecke in Betrieb. Die Erfahrungen mit dem System werden von der Polizei als positiv bewertet. Die Ereignisdetektion ist sowohl in den Tunneln wie auch auf der offenen Strecke zufriedenstellend und stellt für sie eine Verbesserung in der Überwachung des Strassenraumes dar.

Anfänglich führte die Kalibrierung des Systems noch zu unbefriedigenden Resultaten. Je nachdem wie „empfindlich“ das System eingestellt ist, kann es dazu führen, dass in der Leitzentrale sehr häufig Alarm ausgelöst wird (z.B. Staugefahr). Dadurch wird der Zentralist abgelenkt und die visuelle Kontrolle der Bildschirme eher vernachlässigt, er demnach die übrigen Aufgaben durch die häufigen Alarme nicht mehr vollumfänglich wahrnehmen kann. Im Laufe der Zeit konnte das System jedoch zufriedenstellend kalibriert werden.

Als weiterer wichtiger Faktor für die Qualität der Datenerfassung wurde der Erfassungswinkel der Kameras genannt. In der Anfangsphase waren die meisten Kameras am Strassenrand montiert. Der daraus resultierende Winkel führte dazu, dass Strecken verzerrt wurden und Geschwindigkeiten falsch angezeigt wurden. Mit der Montage der Kameras fahrbahnmittig konnte die Probleme jedoch behoben werden.

Zuverlässigkeit des Systems

Ereignisdetektion: Die Fehlalarmquote wird von der Polizei auf ca. 10% geschätzt. Statistiken zur Zuverlässigkeit werden von der Polizei jedoch keine erhoben. Da die Fehlalarme jedoch meist an denselben Orten auftreten, werden diese vom Zentralist sehr schnell als solche erkannt. Da aufgrund eines Alarmes keine weiteren Aktionen automatisch ausgelöst werden, wird eine Fehlalarmquote von 10% als akzeptabler Wert für den Betrieb eingestuft.

Verkehrszustandserfassung: Neben der Ereignisdetektion werden mit dem BAS auch die Geschwindigkeiten und die Anzahl der Fahrzeuge, welche einen Messquerschnitt passieren, erhoben. Aufgrund dieser Zahlen wird Stau oder Staugefahr detektiert. Diese Zahlen sind ebenfalls mit einer Fehlerquote von ca. 10% behaftet, was für die heutige Verwendung ausreichend genau ist. Für statistische Auswertungen sind die Daten jedoch zu ungenau.

Gründe für die Fehlalarme

Hauptursache für die Fehlalarme sind aus Sicht der Polizei Schattenwurf und Reflexion bei nasser Fahrbahn.

Mit Optimierungsarbeiten an den Kameras (Heizung des Gehäuses, längerer Tubus, etc.) wurden bereits bessere Resultate erzielt. Eine genaue Quantifizierung der Umwelteinflüsse, für welche das System nicht mehr verlässliche Daten liefert, kann vom Anwender nicht gemacht werden. Die Erfahrungen haben jedoch gezeigt, dass das BAS auch unter widrigen Umständen (Regen, Wind, Vibrationen, usw.) noch brauchbare Daten liefern kann.

Anforderungen an die Zuverlässigkeit aus Sicht der Anwender

Als Werte werden eine 99%-ige Zuverlässigkeit der Daten angegeben, falls automatisch verkehrsbeeinflussende Massnahmen auf der Strecke aktiviert werden und 90% wenn die Daten nach der Alarmierung noch visuell überprüft werden und nachfolgend die verkehrsbeeinflussenden Massnahmen manuell aktiviert werden.

Die Verkehrspolizei des Kantons Basel Stadt will auch in Zukunft alle eingehenden Alarmer visuell am Bildschirm überprüfen, bevor Massnahmen auf der Strecke ergriffen werden. Die – im Vergleich mit anderen Kantonen – geringe Zahl an Autobahnkilometern rechtfertigt dieses Vorgehen. Aus Sicht der Polizei würde die hohe Verkehrsbelastung der Stadtautobahn zudem dazu führen, dass verkehrsbeeinflussende Massnahmen oft unnötig automatisch aktiviert würden und die Autofahrer desensibilisiert werden.

Systemoptimierungen aus Sicht der Anwender

Wie bereits unter Punkt 1 erwähnt, wird ein Alarm vom BAS nicht ereignisspezifisch ausgewertet. Eine selektive Alarmierung wäre aus Sicht der Polizei wünschenswert. Unter selektiver Alarmierung wird verstanden, dass das System dem Zentralisten mitteilt, um welchen Ereignistyp es sich handelt und dass die Empfindlichkeit je nach Ereignis (z. B. Staugefahr vs. Falschfahrer) unterschiedlich eingestellt werden kann.

Branddetektion und Erhebung von statistischen Daten mittels BAS sind für die Polizei keine priorisierten anzustrebenden Ziele.

D Technischer Dienst Seelisbergtunnel

Das BAS in den beiden Röhren des Seelisbergtunnels ist seit 2003 in Betrieb. Es werden flächen-deckend alle Fahrspuren und Nischen des Tunnels überwacht. Auswertungen im Bereich der Portale haben sich als unzuverlässig erwiesen und wurden deaktiviert.

Anlage

Inbetriebnahme des Systems: 2003

Überwachungsraum: Alle Fahrspuren des Tunnels. Kein Aussenbereich

Detektierbare Grössen: pro Fahrspur

- Stehendes Fahrzeug
- Falschfahrer
- Nischenbelegung
- Stau (vier Stufen)
- Anzahl Fahrzeuge
- mittlere Geschwindigkeit
- Fahrzeugdichte (Abstand)

Meldungsart: Datenpunktmeldung, es werden drei Kameras vom Ort des Ereignisses (eine Kamera vor, eine auf und eine nach dem Ereignis) in der Leitzentrale mit zusätzlicher akustischer Alarmierung aufgeschaltet. Die Ereignisse werden durch die Operateure einer visuellen Kontrolle unterzogen, es gibt keine automatisch ausgelösten Verkehrsbeeinflussungsmassnahmen.

Weitere Detektoren: Induktionsschlaufen für Verkehrsstatistik

Erfahrungen der Anwender mit BAS

Evaluation

Das BAS wurde in einem mehrstufigen Verfahren evaluiert und geprüft. Während der Präqualifikationsphase (vor der Offertenphase) wurden die Konzepte der Hersteller geprüft. In der Offertenphase wurden verschiedene Funktionstests mit den angebotenen BAS durchgeführt. Dabei wurden die Systeme mittels Videobändern anhand verschiedener Ereignisse überprüft. Unter Zeitdruck wurden auch situationsbezogene Konfigurationen durchgeführt. Bei der Abnahme wurde das gewählte System vor Ort durch reale Ereignisse (z.B. stehendes Fahrzeug) im gesperrten Tunnel überprüft.

Betrieb

Das BAS ist seit Sommer 2003 im operativen Betrieb, aus diesem Grund kann zum Zeitpunkt der Besprechung noch nicht auf eine lange Erfahrung zurückgeblickt werden. Das System wird als unterstützendes Hilfsmittel für die Zentralisten eingesetzt und auch als solches geschätzt. Der Einsatz des BAS stellt aus Sicht der Betreiber eine klare Verbesserung der Überwachung des Tunnels dar.

In der Phase der Inbetriebsetzungen wurden Versuche mit der Bildauswertung der Aussenkameras gemacht, die Resultate waren jedoch unbefriedigend. Montagebedingte Schaukelbewegungen der

Kameras und Schatteneffekte der Umgebung machten einen praktikablen Einsatz der Aussenkameras für die Bildauswertung unmöglich.

In einer intensiven Phase wurde die Anlagen an die Umgebungsbedingungen angepasst sowie ein optimales Mass zwischen einem Minimum von Fehlalarmen und einem Maximum an Empfindlichkeit gesucht. Bedauert wird bei den Prüfungsauswertungen die Tatsache, dass die Nichtdetektion von Ereignissen nicht quantifiziert werden können.

Zuverlässigkeit des Systems

Ereignisdetektion: Die Quote der Fehlalarme wurde durch den technischen Dienst noch nicht ausgewertet. Die Quote liegt aber in einer Grössenordnung, die von den Zentralisten als nicht störend empfunden wird. Es ist vorgesehen, über eine längere Zeit Statistiken zur Zuverlässigkeit zu erheben und auszuwerten. Hier stellt sich die Problematik der Nichtdetektionen von eingetretenen Ereignissen, diese können nicht erfasst und analysiert werden.

Verkehrszustandserfassung: Neben Ereignissen werden mit dem BAS auch Daten zur mittleren Geschwindigkeit der Fahrzeuge, zur Anzahl der Fahrzeuge und zur Fahrzeugdichte in einem Streckenabschnitt erhoben. Die absoluten Zahlen der erfassten Daten (gilt v.a. für die Fahrzeugzählung) sind im Vergleich zu den herkömmlichen Verkehrszahlen (mit Induktionsschleifen) ungenau und für statistische Zwecke ungeeignet. Durch eine relative Betrachtung der Zahlen lassen sich jedoch gute Aussagen zum Trend der Verkehrszahlen machen.

Gründe für Fehlalarme

Hauptursache für die Fehlalarme sind aus Sicht des technischen Dienstes nicht homogene Ausleuchtungen (Zebromuster), wechselnde Lichtverhältnisse bei Umschaltungen der Tunnelbeleuchtung und Reflexionen bei nasser Fahrbahn.

Anforderungen an das System aus Sicht des technischen Dienstes

Im Gegensatz zu den Anwendern (Polizei) gewichtet der technische Dienst die Anforderungen an die Systemtechnik stärker als die Genauigkeit der erhobenen Daten. Das System soll wartungsarm und zuverlässig sein, Parametrierungen sollen so einfach wie möglich über die Bedienoberfläche durchgeführt werden können, Einsätze vor Ort, welche Verkehrsbehinderungen zur Folge haben, müssen im Betrieb des BAS auf ein Mindestmass beschränkt sein. Nachjustierungen im System nach Tunnelreinigungen sollten nicht notwendig sein, die Kameras müssen entsprechend stabil montiert werden.

Systemoptimierungen aus Sicht der Anwender

Auf der Bedienoberfläche wird ein vereinfachter Zugriff auf die Videobilder gewünscht, in welchen das BAS ein Ereignis detektiert hat. Der direkte Zugriff auf die Bilddaten eines Ereignisses ist zur Zeit nicht möglich.

Ein weiterer Punkt zur Verbesserung des Systems betrifft die Ereigniskorrelation. Das bedeutet, dass bei mehreren Ereignissen, die voneinander abhängen, nur das auslösende Ereignis angezeigt wird, nicht aber die nachfolgenden. Man ist sich bewusst, dass eine solche Ereigniskorrelation nicht einfach umgesetzt werden kann.

4.3.2 Interviews mit Herstellern

System A

Der Entwickler des Systems war zunächst in Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet von neuronalen Netzen tätig. Seit dem Jahre 2000 wurde mit der Entwicklung des heutigen Bildauswertesystems begonnen. Den ersten kommerziellen Auftrag für das System erhielt die Firma im Jahre 2002. Zurzeit wird das System praktisch ausschliesslich in Tunnels eingesetzt, es wird jedoch auch für den Einsatz auf der offenen Strecke weiterentwickelt.

Das BAS weist eine dezentrale Systemarchitektur auf, die Bildauswertung erfolgt in sogenannten Kameraknoten. Ein solcher Knoten übernimmt die Auswertung der Bilder von 1 bis 4 Kameras. Neben der Bildauswertung enthält das System auch für jeden Sensor einen digitalen Bildspeicher.

Der Hersteller hat im Pfändertunnel (Österreich) eine Versuchsanordnung aufgebaut, auf welcher die Funktionalitäten des BAS demonstriert und getestet werden können.

Folgende Daten können durch das System erhoben bzw. angezeigt werden:

Ereignisdaten:

- Stehendes Fahrzeug
- Langsamfahrendes Fahrzeug
- Staugefahr
- Staudetektion
- Falschfahrer
- Geschwindigkeitsüberschreitungen
- Bewegungen in „no traffic“ Flächen
- Nischenbelegung
- Rauchdetektion

Verkehrsdaten:

- Verkehrsmenge pro Spur
- Durchschnittsgeschwindigkeit pro Spur
- Verkehrsdichte
- Distanzmessung
- Klassifizierung PW, LKW (nur Video)

System B

Das System B wird ausschliesslich für den Gebrauch in Tunneln angeboten.

Die Systemarchitektur ist dezentral aufgebaut, in den Unterzentralen der Tunneln befinden sich die Auswerteeinheiten für die Kamerabilder. Eine solche Einheit verfügt über bis zu 8 analoge Bildeingänge. Die Auswerteeinheiten verfügen zusätzlich über Ringspeicher für digitale Videodaten. Es können bis 12,5 Bilder pro Kamera und pro Sekunde gespeichert werden. Pro Sensor können bis zu drei Fahrspuren mit einer Auswerttiefe von maximal 150 Metern ausgewertet werden, wobei eine Auswerttiefe von 80 Meter empfohlen wird.

Die verschiedenen Auswerteeinheiten werden in einem Cluster zusammengeführt. Dieser übernimmt Koordinationsaufgaben, die Filterung von Folgeereignissen und ist verantwortlich für die Kommunikation mit weiteren Systemen.

Der Hersteller spezifiziert für den Betrieb seines Systems eine minimale Helligkeit von 40 Lux, damit die Qualität der Daten gewährleistet werden kann.

Folgende Daten können durch das System erhoben bzw. angezeigt werden:

Ereignisdaten:

- Stehendes Fahrzeug
- Langsamfahrendes Fahrzeug
- Staudetektion
- Falschfahrer
- Rauchdetektion

Verkehrsdaten:

- Verkehrsmenge pro Spur
- Durchschnittsgeschwindigkeit pro Spur

III System C

Das System C wird hauptsächlich in Tunneln eingesetzt. Der Gebrauch auf der offenen Strecke ist ebenfalls vorgesehen. Bei diesem System handelt es sich um ein reines Bildauswertesystem, welches auf eine Videoanlage mit deren Kameras aufsetzt. Das System ist vor allem auf die Detektion von Ereignissen ausgerichtet und verfügt über keinen eigenen Bildspeicher.

Das System ist modular aufgebaut, pro Kamera gibt es folgende Funktionsmodule: "Verkehr" (Stau, Nischenbelegung, stehendes Fahrzeug, Stauprognose), "Rauch" (Rauchererkennung) und "Falschfahrer". Die Grundauswertung der Kameras beinhaltet Geschwindigkeits- und Dichtemessungen. Übergeordnet können mit einem Modul "Streckenbeurteilung" die einzelnen Sensoren miteinander logisch verknüpft werden. Ein weiteres Modul dient der Visualisierung und Integration des Systems in Informations- und Leitsystemen.

Die Systemarchitektur ist dezentral aufgebaut. Die Kamerasignale werden auf Auswerteeinheiten geführt, wobei zwei Typen von Auswerteeinheiten entwickelt worden sind, Typ 1 für die Auswertung von Falschfahrern (rechenintensive Analyse), Typ 2 für die Auswertung der restlichen Daten. Die einzelnen Auswerteeinheiten verfügen über maximal 16 analoge Videoeingänge. Das System überwacht die eigenen, relevanten Komponenten und meldet allfällige Störungen.

Die Auswertetiefe hängt stark vom eingesetzten Kamertyp und den Montagebedingungen ab. Für stehende Fahrzeuge im Tunnel wird sie mit 150 Metern, für die restlichen Ereignisse mit rund 60 bis 80 Metern angegeben. Pro Kamera können mehrere Detektionsflächen (Sensoren) definiert werden, dies ermöglicht eine individuelle Überwachung der einzelnen Fahrstreifen mit einer Kamera.

Folgende Daten können durch das System erhoben bzw. angezeigt werden:

Ereignisdaten:

- Stehendes Fahrzeug
- Verkehrszustand (bis 4 Abstufungen: Normal, zähflüssig, Staugefahr, Stau)
- Falschfahrer
- Rauchdetektion

Verkehrsdaten:

- Fahrzeugzählung
- Durchschnittsgeschwindigkeit
- Fahrzeugdichte

5 Handlungsbedarf

5.1 Allgemeines

Das Interesse an der Verkehrsüberwachung mittels digitaler Bildauswertung hat in den letzten 10 Jahren stark zugenommen. Dies zeigt sich einerseits in den bereits installierten Anlagen und andererseits in der Vorgabe des ASTRA, dass Tunnels mit einer Gesamtlänge über 600m sowie Folgen von kürzeren Tunnels, welche nur durch kurze offene Strecken getrennt sind, künftig mit Videoüberwachung auszurüsten sind [Quelle: Schlussbericht Tunnel Task Force S.43). Auf Grund des technischen Fortschrittes wird bereits vielerorts angestrebt, auch die offene Strecke mittels digitaler Bildauswertung zu überwachen.

Das Fachgebiet BAS befindet sich im Aufbruch. Die Zuverlässigkeit der Systeme ist noch nicht optimal entwickelt, wird jedoch laufend verbessert. Die steigende Nachfrage nach solchen Systemen kann auch weniger erfahrene Unternehmen ermuntern, auf dem Markt aufzutreten.

Trotz dieser voraussichtlichen Vergrößerung des Marktes im Anwendungsbereich existieren zur Zeit jedoch kaum Normen, verbindliche Richtlinien oder allgemeine Ausschreibungs- und Abnahmekriterien, welche für die Projektierung, die Installation und den Betrieb von BAS als Vorgaben genutzt werden können. Die heute bestehenden Systeme wurden ohne einheitliche Vorgaben installiert, was die Durchsetzung von Anforderungen an die Qualität der BAS und der erhobenen Daten sicher erschwert und einen hohen Aufwand bei der Projektierung der einzelnen Systeme bewirkt hat.

In Anbetracht dieser Fakten, ist eine Normierung der digitalen Bildauswertung absolut wünschenswert. Dabei steht jedoch nicht nur die Normierung von technischen Aspekten im Vordergrund, sondern auch eine Normierung der Anforderungen an die Datenqualität. Denn nur mit qualitativ hochwertigen Daten kann das BAS als Anlage eines Gesamtverbundes von Systemen sinnvoll eingesetzt werden.

5.2 Bedürfnisse

Mit der Norm sind folgende Aspekte der digitalen Bildverarbeitung zu regeln:

Ereignis- und Verkehrsdatendefinition

Die zu detektierenden Ereignisse und Verkehrsdaten (stehendes Fahrzeug, Stau, usw.) sind mit Parametern zu definieren, welche sich spezifisch auf die digitale Bildanalyse beziehen.

Umfeldbedingungen/Dritteinflüsse auf die Datenqualität

Unter diesem Punkt gilt es aufzuzeigen, welche Umwelteinflüsse (Witterungsverhältnisse, Blendung, Vibration, usw.) die Betriebstauglichkeit des Systems beeinträchtigen und bis zu welchem Grad das System auch bei nicht idealen Bedingungen zuverlässige Resultate liefern muss.

Die Zuverlässigkeit der Auswertungen hängt stark zusammen mit den Umfeldbedingungen. Es wird vom System erwartet, dass es selber erkennt, wann die von ihm gelieferten Daten fehlerhaft sind und nicht mehr zur Ereignisdetektion oder zur Verkehrszustandserfassung verwendet werden dürfen. Das System muss also in der Lage sein, eine Selbstdiagnose durchzuführen.

Ein weiterer Aspekt stellt die Mehrfachnutzung (BAS/VTV) der vorhandenen Kameras dar. Es gilt herauszufinden, inwieweit die unterschiedlichen Bedürfnisse beim Beobachten (VTV) und für die digitale Bildverarbeitung aufeinander abgestimmt werden können. Das VTV verlangt mit einer einzelnen Kamera möglichst grosse Einsichtsbereiche (möglichst flacher Winkel). Für das BAS können umso

bessere Resultate erzielt werden, je steiler der Winkel zur Fahrbahn ist. Für eine flächendeckende Ausrüstung führte dies jedoch zu „unwirtschaftlich“ kurzen Kameraabständen.

Montagebedingungen

Unter diesem Punkt ist auf die Aspekte der Montage der Kameras hinzuweisen. Es ist zu klären, wo die Kameras im Querschnitt montiert werden müssen, damit eine möglichst hohe Qualität der Daten garantiert werden kann. Neben der Anordnung im Querschnitt sind auch Angaben zum Beobachtungsbereich (Winkel zur Fahrbahn) zu machen.

Systemanforderung

Neben den Anforderungen an die Datenqualität, müssen auch Anforderungen an die Systemtechnik, an die Bedienung und die Wartung eines BAS definiert werden.

Meldeverhalten

Je nach Meldeverhalten, d.h. ob das System automatisch weitere Aktionen in Gang setzt oder ob eine Meldung vorerst durch Person geprüft wird, werden unterschiedliche Anforderungen an die Datenqualität gestellt. Die Qualitätsanforderungen sind deshalb in Abhängigkeit des Meldeverhaltens zu formulieren.

Protokollierung/Speicherung

Ein grosser Vorteil von BAS liegt darin, dass man aufgrund der Bilddaten nachvollziehen kann, wie sich bestimmte Ereignisse abgespielt haben. Es ist aber festzulegen, wie die Bilddaten zu speichern sind, wie lange solche Daten aufbewahrt werden müssen respektive aufbewahrt werden dürfen (Datenschutz).

Prüfverfahren

Um die Systeme neutral testen zu können, muss ein geregeltes (normiertes) Prüfverfahren festgelegt werden. Allenfalls ist sogar eine Zertifizierung der Systeme denkbar. Ein normiertes Prüfverfahren vereinfacht die Evaluation des optimalen Systems bei der Submission und allfällige Abnahmetests können nach einem gegebenen Schema durchgeführt werden.

6 Voraussetzungen für die Standardisierung

6.1 Einsatz von BAS

Im Zusammenhang mit dem Einsatz von BAS für die Erhebung von Verkehrsdaten und Ereignissen sind folgende Fragestellungen zu beantworten:

- Wann ist der Einsatz von BAS besonders geeignet?
- Wo sind Daten und Ereignisse zu erfassen?
- Welche Daten und Ereignisse sind zu erfassen?
- Zu welchem Zweck werden die erfassten Daten weiterverwendet?

Auf diese Fragestellungen wird im folgenden kurz eingegangen.

Je nach Ort, Zweck und Typ der Daten werden andere Anforderungen an das Erfassungssystem gestellt.

6.2 Eignungskriterien

Der Einsatz von BAS ist dann geeignet, wenn

- die verwendeten Kameras gleichzeitig für die visuelle Verkehrsüberwachung am Bildschirm (VTV) eingesetzt werden (Nutzung von Synergien)
- Ereignisse auf dem betrachteten Strassenabschnitt lückenlos detektiert werden müssen (z.B. aus Sicherheitsgründen in Tunneln)
- bei relativ konstanten Umweltbedingungen im Einsatzbereich des BAS.
- wenn zur BAS ergänzende Sensoren für die Datenerhebung und Ereignisdetektion beigezogen werden können.
- die technische Beschaffenheit der Oberfläche kein Installationen (Schleifen) auf der Fahrbahn erlaubt

Der Einsatz von BAS ist im Vergleich zu anderen Erfassungssystemen weniger zweckmässig, wenn

- durch Umwelteinflüsse und weitere Einschränkungen die Qualität der erhobenen Daten nicht über die ganze Zeit gewährleistet werden kann und die Daten für sicherheitsrelevante oder automatische Abläufe weiterverwendet werden.
- die Umweltbedingungen (Lichtverhältnisse, Wind) am Einsatzort rasch und markant ändern können und weitere Beeinträchtigungen durch Witterungseinflüsse erwartet werden müssen
- das System für die reine Erhebung von Verkehrsdaten benötigt wird.

6.3 Einsatzorte

Aufgrund von unterschiedlichen Qualitätsanforderungen und unterschiedlichen Umwelteinflüssen werden für BAS die folgenden Einsatzorte unterschieden:

- Tunnel: Bereich mit konstanten Lichtverhältnissen, Tunnelinneres ohne Adaptationszonen.
- Portalbereich: Adaptationszone im Tunnel und Tunnelvorzone inkl. Überfahrten vor dem Tunnelportal, Bereich mit wechselnden Lichtverhältnissen und Einflüssen von Verschmutzung und Witterung
- Freie Strecke (inkl. Ein-, Ausfahrten): Strassenabschnitte ausserhalb von Tunnels und Portalbereichen, wechselnde Lichtverhältnisse, den Witterungsbedingungen voll ausgesetzte Zone

6.4 Verwendungszweck

Schweizweit werden BAS heute nur unterstützend eingesetzt. Insbesondere werden keine sicherheitsrelevanten Daten nur durch ein BAS allein erhoben, sondern sie ergänzen bestehende konventionelle

Sensorsysteme. Betriebs- und Signalisationsumschaltungen, die auf den mit BAS detektierten Daten basieren, werden in der Regel nicht vollautomatisch sondern nur nach Bestätigung durch den Operatoren in der Einsatzzentrale umgesetzt.

Heute werden BAS vorwiegend in Tunneln und erst vereinzelt auf der offenen Strecke eingesetzt. Dieser Umstand ergibt sich aus der Tatsache, dass in Tunneln ein Störfall verheerende Auswirkungen haben kann und darum möglichst schnell detektiert werden muss. Begünstigend für den Einsatz des BAS im Tunnel ist der Umstand, dass die Umwelteinflüsse im Tunnel geringer, die Lichtverhältnisse konstanter und die Umgebung statischer sind als auf der offenen Strecke.

Für die Zukunft sind Trends absehbar, die mit entsprechenden Anforderungen in der Norm berücksichtigt werden sollen:

- vermehrter Einsatz von BAS auf der offenen Strecke (stärkerer Einfluss der Umwelteinwirkungen)
- vermehrte vollautomatische Auslösung von Betriebszuständen und Erhebung von Verkehrsdaten mittels BAS (erhöhte Genauigkeitsanforderungen)

Die mit BAS erhobenen Daten und Ereignisse können grundsätzlich für verschiedene Aufgaben weiterverwendet werden:

- Für die Verkehrsüberwachung (Kenntnisnahme über aktuelle Verkehrssituation und Ereignisse)
- Für das Verkehrsmanagement mittels halbautomatischer Prozesse (Beurteilung der aktuellen Verkehrssituation und Einleiten der erforderlichen Massnahmen, Entscheide durch das Betriebspersonal)
- Für das Verkehrsmanagement mittels vollautomatischer Prozesse (Auslösen von Massnahmen ohne Mitwirkung des Betriebspersonals)
- Für die Verkehrsentwicklungsprognosen (Voraussage der kurzfristig zu erwartenden Verkehrssituation)
- Für die Verkehrsstatistik

Je nach Verwendungszweck können sich die Qualitätsanforderungen (Genauigkeit, Zuverlässigkeit) an ein BAS unterscheiden. So werden an Daten, die für vollautomatische Prozesse und statistische Auswertung benötigt werden, höhere Anforderungen gestellt als an ein BAS, welches unterstützend für den Operator eingesetzt wird.

6.5 Typologie

Auf dem schweizerischen Strassennetz werden heute mit verschiedenen Methoden (Induktionsschlaufen, Radarsensoren und vereinzelt BAS) Ereignis- und Verkehrsdaten erhoben. Mit weiteren Sensoren werden zusätzliche Daten zum Strassenzustand (z.B. Eisglätte) oder Witterungsbedingungen (z. B. Nebel) erhoben.

Man kann – unabhängig von der Erfassungsmethode – zwei Typen von erfassten Daten unterscheiden:

- Ereignisdaten
- Verkehrsdaten

In der Praxis werden heute folgende Ereignisse detektiert:

- Stau (verschiedene Stufen)
- Stehendes Fahrzeug (Panne/Unfall) pro Fahrstreifen
- Falschfahrer (bei richtungsgetrennten Fahrstreifen)
- Gegenstand auf der Fahrbahn
- Nischenbelegung (stehendes Fahrzeug)
- Standstreifenbelegung (stehendes Fahrzeug)
- Brand (Kaltrauchdetektion)

Bei der Verkehrsdatenerfassung werden Daten erhoben, welche den Verkehr betreffen und für betriebliche bzw. statistische Zwecke benutzt werden, wie zum Beispiel:

- Verkehrsmenge (Q : Fz/h): Anzahl Fahrzeuge in einem Querschnitt pro Fahrstreifen in einem festgelegten Zeitintervall (z.B. pro Minute, pro 15 Minuten)
- Geschwindigkeit (v : km/h): Fahrzeuggeschwindigkeit oder mittlere Geschwindigkeit pro Fahrstreifen oder im Querschnitt in einem festgelegten Zeitintervall
- Verkehrsdichte (k : Fz/km) in einem Abschnitt in einem festgelegten Zeitintervall
- Reisezeit (TR : s) oder Reisegeschwindigkeit (vR : km/h) in einem Abschnitt für Einzelfahrzeuge bzw. in einem Zeitintervall
- Unterscheidung von Fahrzeugkategorien (Gesamtverkehr/Schwerverkehrsanteil und Unterscheidung von verschiedenen Kategorien)

Die mittels BAS zu erfassenden Ereignisse und Verkehrsdaten können unter Berücksichtigung des Verwendungszweckes typisiert werden:

Nr.	Bezeichnung	Erläuterungen	Verwendungszweck 1)				
			A	B	C	D	E
<i>Verkehrsdaten</i>							
1	Verkehrsmenge	Q (Fz/h) im Querschnitt	x	x	x	x	x
2	Geschwindigkeit	V (km/h) im Querschnitt	x	x	x	x	x
3	Verkehrsdichte	K (Fz/km) im Abschnitt	x	x	x	x	x
4	Reisezeit	T _R (s) im Abschnitt	x	x	x	x	x
5	PW/LKW	Unterscheidung Personenwagen - Schwerverkehr	x	x	x	x	x
6	Fahrzeugkategorie	Unterscheidung in Nr. 1 bis 4 gemäss „Swiss 10“: Bus, Motorräder, Personenwagen, Personenwagen+Anhänger, Lieferwagen, Lieferwagen+Anhänger, Lieferwagen+Auflieger, Lastwagen, Lastenzüge, Sattelzüge					x
<i>Ereignisse</i>							
7	Stehendes Einzelfahrzeug	Stehendes Fahrzeug auf der Fahrbahn	x	x	x		
8	Stau	Unterscheidung nach 3 Stufen, parametrierbar über Geschwindigkeit, Frequenz und/oder Verkehrsdichte	x	x	x		
9	Falschfahrer	Auf der falschen Fahrbahn entgegenkommendes Fahrzeug	x	x	x		
10	Gegenstand	Gegenstand auf der Fahrbahn	x	x	x		
11	Nischenbelegung	Durch Fahrzeug belegte Nische im Tunnel	x	x	x		
12	Standstreifenbelegung	Durch stehendes Fahrzeug belegter Standstreifen	x				
13	Brand	Kaltrauchdetektion	x	x	x		

1) Legende: Verwendungszweck, x = "trifft zu":

A: Verkehrsüberwachung B: Verkehrsmanagement „halbautomatisch“ C: Verkehrsmanagement „vollautomatisch“

D: Verkehrsprognose E: Verkehrsstatistik

Tabelle 6: Typisierung der Verkehrsdaten

6.6 Einschränkungen in der Anwendung

Bildauswertungen werden mittels Algorithmen durchgeführt und liefern bei konstanten Rahmenbedingungen die zuverlässigsten Resultate. Folgende Umwelteinflüsse können die Qualität der Bildauswertung vermindern:

- Wechselnde Lichtverhältnisse (Sonneneinstrahlung, Tag/Nacht, Lichtreflexionen an Flächen)
- Beeinträchtigung der Sichtverhältnisse (Nebel, Rauch, Schnee)
- Zusätzlich bewegte Objekte (z.B. Bäume im Wind)
- Vibrationen
- Verschmutzung

Neben diesen Umwelteinflüssen bestehen weitere Schwierigkeiten bei der eigentlichen Objekterkennung. Beispielsweise können bei Fahrzeugzählungen Objekte durch andere Objekte abgedeckt werden (z.B. ein PW durch einen LKW).

Allgemein gilt, dass Daten aus einer Bildauswertung fehlerbehaftet sind, die Fehlerrate liegt im Bereich von Prozenten. Wenn ein BAS nicht nur unterstützend, sondern als eigenständiges System zur Verkehrsdatenerfassung betrieben wird, muss sichergestellt werden, dass das BAS als ganzes und insbesondere die verwendeten Algorithmen bei den vorhandenen Bedingungen funktionstüchtig sind.

Im Verlaufe der Forschungsarbeit hat sich gezeigt, dass Umwelteinflüsse schwierig zu quantifizieren sind. Zum Beispiel: gemäss Aussage der Verkehrspolizei Basel Stadt muss es ziemlich stark regnen, damit das BAS ausfällt. Die Angabe „ziemlich stark“ nachvollziehbar zu quantifizieren (in SI-Einheiten) bedarf jedoch weiterer Untersuchungen, die den Rahmen dieses Forschungsauftrages sprengen würden.

Die Betriebstauglichkeit des BAS bei solchen Umwelteinflüssen muss geregelt werden.

Mit der untenstehende Tabelle wird beurteilt, für welche Datentypen BAS geeignet sind (g), sich bedingt eignen (b) oder sich wenig (w) eignen:

Nr.	Datentyp	Tunnelzone					Portalzone					Freie Zone				
		Verwendungszweck					Verwendungszweck					Verwendungszweck				
		A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
Verkehrsdaten																
1	Menge	g	g	g	g	w	g	g	g	g	w	g	g	g	g	w
2	Geschwindigkeit	g	g	g	g	w	g	g	g	g	w	g	g	g	g	w
3	Dichte	g	g	g	g	w	g	g	g	g	w	g	g	g	g	w
4	Reisezeit	g	g	g	g	w	g	g	g	g	w	g	g	g	g	w
5	PW/LKW	g	g	g	g	w	g	g	g	g	w	g	g	g	g	w
6	Kategorien					w					w					w
Ereignisse																
7	Stehendes Fz.	g	g	g			g	g	g			b	b	b		
8	Stau	g	g	g			g	g	g			g	g	g		
9	Falschfahrer	g	g	g			g	g	g			g	g	g		
10	Gegenstand	g	g	g			g	g	g			b	b	b		
11	Nischen	g	g	g			g	g	g							
12	Standstreifen	g	g	g			g	g	g			g	g	g		
13	Brand	g	g	g			b	b	b			w	w	w		

Verwendungszweck

Legende: Beurteilung: g: geeignet b: bedingt geeignet w: wenig geeignet

A: Verkehrsüberwachung B: Verkehrsmanagement „halbautomatisch“ C: Verkehrsmanagement „vollautomatisch“

D: Verkehrsprognose E: Verkehrsstatistik

Tabelle 7: Eignung von BAS

Bemerkungen zur Tabelle 7: Die Erfassung von lückenlosen Verkehrsdaten zu statistischen Zwecken ist über eine längere Zeitperiode aufgrund der Umwelteinflüsse kaum möglich und wird deshalb als wenig geeignet beurteilt. Da die Ereignisdetektion auf der freien Strecke in der Regel nicht flächendeckend bzw. lückenlos sondern nur punktuell (grosse Kameraabstände) erfolgt, ist sie für eine Erfassung der Ereignisse „Stehendes Fahrzeug“ und „Gegenstand“ nur bedingt geeignet.

7 Anforderungen

7.1 Grundsätzliche Anforderungen

Die Verkehrsdaten und Ereignisse müssen grundsätzlich jederzeit mit der notwendigen Qualität erhoben werden können. Dies ist mittels geeigneter Algorithmen, welche auf verschiedene Umwelteinflüsse (Lichtverhältnisse, Witterungseinflüsse usw.) reagieren, sicherzustellen. Die erfassten Datensätze sind systemintern zu plausibilisieren, so dass auch aus fehlerbehafteten Datensätzen noch Auswertungen, die die Qualitätsanforderungen erfüllen, vorliegen.

Das BAS muss im Betrieb laufend eine Selbstdiagnose durchführen (Überprüfung der Qualitätsanforderungen). Für den Fall, dass die geforderte Datenqualität aufgrund schlechter Umweltbedingungen nicht mehr sichergestellt werden kann, muss dies vom BAS selbstständig erkannt und gemeldet werden, resp. die Daten dürfen nicht mehr an die Applikationen weitergeben werden.

Dies bedingt eine sorgfältige Optimierung des Systems nach der Betriebsaufnahme, welche unter anderem auch umfangreiche statistische Auswertungen erfordert. Es besteht die Gefahr, dass diese Arbeiten aus Kostengründen nicht mit der erforderlichen Sorgfalt durchgeführt werden.

7.2 Verkehrstechnische Anforderungen

7.2.1 Beobachtungsraum

Der Beobachtungsraum ist abhängig von den Daten, welche erhoben werden sollen. Untenstehende Tabelle zeigt für jeden Fall die Mindestanforderungen an den Beobachtungsraum.

Nr.	Datentyp	Tunnelzone					Portalzone					Freie Zone				
		Verwendungszweck					Verwendungszweck					Verwendungszweck				
		A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
<i>Verkehrsdaten</i>																
1	Menge	e	e	e	e	p	e	e	e	e	p	e	e	e	e	p
2	Geschwindigkeit	e	e	e	e	p	e	e	e	e	p	e	e	e	e	p
3	Dichte	e	e	e	e	p	e	e	e	e	p	e	e	e	e	p
4	Reisezeit	e	e	e	e	p	e	e	e	e	p	e	e	e	e	p
5	PW/LKW	e	e	e	e	p	e	e	e	e	p	e	e	e	e	p
6	Kategorie					p					p					p
<i>Ereignisse</i>																
7	Stehendes Fz.	f	f	f			f	f	f			f	f	f		
8	Stau	e	e	e			e	e	e			e	e	e		
9	Falschfahrer	a	a	a			a	a	a			a	a	a		
10	Gegenstand	f	f	f			f	f	f			f	f	f		
11	Nischen	q	q	q			q	q	q							
12	Standstreifen	f	f	f			f	f	f			p	p	p		
13	Brand	f	f	f			f	f	f			f	f	f		

Verwendungszweck: A: Verkehrsüberwachung B: Verkehrsmanagement „halbautomatisch“

C: Verkehrsmanagement „vollautomatisch“ D: Verkehrsprognose E: Verkehrsstatistik

Beobachtungsraum: f: Flächendeckend q: flächendeckend ganzer Fahrbahnquerschnitt (inkl. Nischen und Standstreifen)

e: Erfassungsabstand < 1.5 km p: punktuell, keine Vorgabe zu Erfassungsabstand: vor Beginn des Verzögerungsstreifens bei jeder Ausfahrt

Tabelle 8: Anforderungen Beobachtungsraum

Falls abschnittsbezogene Daten (Reisegeschwindigkeit, Verkehrsdichte, etc.) zu erfassen sind, sind mindestens zwei Messquerschnitte (am Anfangs- bzw. Endpunkt des Abschnittes) erforderlich.

7.2.2 Qualitätsanforderungen

Zur Gewährleistung der unterschiedlichen Anforderungen an die einzelnen Datentypen, an den unterschiedlichen Verwendungszweck und den Einsatzort werden unter Berücksichtigung des Einflusses der Umweltbedingungen Qualitätsklassen gebildet:

- KLASSE I: Gefordert bei Vorkommnissen, die mit hoher Genauigkeit und Zuverlässigkeit erfasst werden müssen,
- KLASSE II: Gefordert bei Vorkommnissen, bei welchen ein rasches Erkennen wichtiger ist als eine hohe Genauigkeit sowie Zuverlässigkeit und bei welchen Entscheide betreffend Massnahmen durch das Personal getroffen werden,
- KLASSE III: Gefordert bei Vorkommnissen, bei welchen als Folge von Umwelteinflüssen die Qualitätsanforderungen zeitweise eingeschränkt sind.

Den einzelnen Datentypen werden folgende Qualitätsklassen zugeordnet

Nr	Datentyp	Tunnelzone					Portalzone					Freie Zone				
		Verwendungszweck					Verwendungszweck					Verwendungszweck				
		A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
Verkehrsdaten																
1	Menge	II	II	I	I	I	III	III	I	I	I	III	III	I	I	I
2	Geschwindigkeit	II	II	I	I	I	III	III	I	I	I	III	III	I	I	I
3	Dichte	II	II	I	I	I	III	III	I	I	I	III	III	I	I	I
4	Reisezeit	II	II	I	I	I	III	III	I	I	I	III	III	I	I	I
5	PW/LKW	II	II	I	I	I	III	III	I	I	I	III	III	I	I	I
6	Kategorie					I					I					I
Ereignisse																
7	Stehendes Fz.	II	II	I			III	III	I			III	III	I		
8	Stau	II	II	I			III	III	I			III	III	I		
9	Falschfahrer	II	II	I			III	III	I			III	III	I		
10	Gegenstand	II	II	I			III	III	I			III	III	I		
11	Nischen	II	II	I			III	III	I							
12	Standstreifen	II	II	I			III	III	I			III	III	I		
13	Brand	II	II	II			III	III	II			III	III	II		

Legende:

Verwendungszweck

A: Verkehrsüberwachung B: Verkehrsmanagement „halbautomatisch“ C: Verkehrsmanagement „vollautomatisch“
D: Verkehrsprognose E. Verkehrsstatistik

Tabelle 9: Zuordnung Qualitätsklassen

Das BAS muss in Abhängigkeit der Qualitätsklassen folgende Qualitätsanforderungen genügen:

Nr	Beschrieb	Erfassungsgenauigkeit Qualitätsklasse I	Erfassungsgenauigkeit Qualitätsklasse II	Zuverlässigkeit Qualitätsklassen I und II
1	Verkehrsmenge	Delta q_{Pkw} < 20% für $q_{Pkw} \leq 10$ Pkw/min ¹⁾ Delta q_{Pkw} < 10% für $q_{Pkw} > 10$ Pkw/min ¹⁾ Delta q_{Lkw} < 35% für $q_{Lkw} \leq 10$ Lkw/min ¹⁾ Delta q_{Lkw} < 20% für $q_{Lkw} > 10$ Lkw/min ¹⁾	Delta q_{Pkw} < 20% für $q_{Pkw} \leq 10$ Pkw/min ¹⁾ Delta q_{Pkw} < 10% für $q_{Pkw} > 10$ Pkw/min ¹⁾ Delta q_{Lkw} < 35% für $q_{Lkw} \leq 10$ Lkw/min ¹⁾ Delta q_{Lkw} < 20% für $q_{Lkw} > 10$ Lkw/min ¹⁾	90% in 24h ³⁾ 95% in 30 Tagen ³⁾
2	Geschwindigkeit	Delta v < 3% für $v > 100$ km/h ¹⁾ Delta v < 3 km/h für $v < 100$ km/h ¹⁾	Delta v < 3% für $v > 100$ km/h ¹⁾ Delta v < 3 km/h für $v < 100$ km/h ¹⁾	90% in 24h ³⁾ 95% in 30 Tagen ³⁾
3	Verkehrsdichte	Delta k_{Pkw} < 20% für $k_{Pkw} \leq 10$ Pkw/km Delta k_{Pkw} < 10% für $k_{Pkw} > 10$ Pkw/km Delta k_{Lkw} < 35% für $k_{Lkw} \leq 10$ Lkw/km Delta k_{Lkw} < 20% für $k_{Lkw} > 10$ Lkw/km	Delta q_{Pkw} < 20% für $q_{Pkw} \leq 10$ Pkw/min ¹⁾ Delta q_{Pkw} < 10% für $q_{Pkw} > 10$ Pkw/min ¹⁾ Delta q_{Lkw} < 35% für $q_{Lkw} \leq 10$ Lkw/min ¹⁾ Delta q_{Lkw} < 20% für $q_{Lkw} > 10$ Lkw/min ¹⁾	90% in 24h ³⁾ 95% in 30 Tagen ³⁾
4	Reisezeit	Delta t < 3% für Strecke > 3 km ³⁾ Delta t < 3 sek für Strecke < 3 km ³⁾	Delta t < 3% für Strecke > 3 km ³⁾ Delta t < 3 sek für Strecke < 3 km ³⁾	90% in 24h ³⁾ 95% in 30 Tagen ³⁾
5	Pw/LKW	Delta k_{Pkw} < 20% für $k_{Pkw} \leq 10$ Pkw/km ³⁾ Delta k_{Pkw} < 10% für $k_{Pkw} > 10$ Pkw/km ³⁾ Delta k_{Lkw} < 35% für $k_{Lkw} \leq 10$ Lkw/km ³⁾ Delta k_{Lkw} < 20% für $k_{Lkw} > 10$ Lkw/km ³⁾	Delta k_{Pkw} < 20% für $k_{Pkw} \leq 10$ Pkw/km ³⁾ Delta k_{Pkw} < 10% für $k_{Pkw} > 10$ Pkw/km ³⁾ Delta k_{Lkw} < 35% für $k_{Lkw} \leq 10$ Lkw/km ³⁾ Delta k_{Lkw} < 20% für $k_{Lkw} > 10$ Lkw/km ³⁾	90% in 24h ³⁾ 95% in 30 Tagen ³⁾
6	Fahrzeugkategorie	9 von 10 Fahrzeugen richtig detektiert ³⁾	9 von 10 Fahrzeugen richtig detektiert ³⁾	90% in 24h ³⁾ 95% in 30 Tagen ³⁾
7	Stehendes Einzelfahrzeug	99% Erkennungssicherheit ²⁾	90% Erkennungssicherheit	90% in 24h ³⁾ 95% in 30 Tagen ³⁾
8	Stau	9 von 10 Ereignissen richtig detektiert ³⁾	9 von 10 Ereignissen richtig detektiert ³⁾	90% in 24h ³⁾ 95% in 30 Tagen ³⁾
9	Falschfahrer	99% Erkennungssicherheit ²⁾	80% Erkennungssicherheit	99% in 24h ³⁾ 99% in 30 Tagen ³⁾
10	Gegenstand	99% Erkennungssicherheit ²⁾	90% Erkennungssicherheit	99% in 24h ³⁾ 99% in 30 Tagen ³⁾
11	Nischenbelegung	99% Erkennungssicherheit ²⁾	90% Erkennungssicherheit	90% in 24h ³⁾ 95% in 30 Tagen ³⁾
12	Standstreifen- belegung	99% Erkennungssicherheit ²⁾	90% Erkennungssicherheit	90% in 24h ³⁾ 95% in 30 Tagen ³⁾
13	Brand	99% Erkennungssicherheit ²⁾	90% Erkennungssicherheit	90% in 24h ³⁾ 95% in 30 Tagen ³⁾

Quellen:

¹⁾ Technische Lieferbedingungen für Streckenstationen (TLS), Bundesministerium für Verkehr, Ausgabe 1993

²⁾ Richtlinie Verkehrsfernsehen (V-TV), Bundesamt für Strassen (ASTRA), Ausgabe 2001

³⁾ Hypothese des Forschungsteams [Quelle = Interviews mit Herstellern und Anwendern]

Tabelle 10: Qualitätsanforderungen an die Datentypen

Die Anforderungen an die Erfassungsgenauigkeit von Verkehrsdaten lehnen sich dabei an die TLS an. Es handelt sich hier um grundsätzliche Genauigkeitsanforderungen, die aus verkehrstechnischer Sicht unabhängig von der Erfassungsmethode eingehalten werden müssen, da ein Nichterreichen eine zweckmässige Weiterverwendung der Daten und somit den Nutzen der Datenerhebung in Frage stellt. Die Anforderungen an die Erfassungsgenauigkeit der Ereignisse wurden in Anlehnung an den Richtlinienentwurf „Verkehrsfernsehen“ vom ASTRA festgehalten.

Umwelteinflüsse

Für Qualitätsklasse III gelten betreffend Umwelteinflüssen folgende Anforderungen:

- Grundsätzlich gilt Qualitätsklasse II
- Das BAS führt betreffend Einhaltung der Qualitätsanforderungen eine laufende Selbstkontrolle durch, d.h. die Verfügbarkeit des Systems aufgrund der aktuellen Umweltsituation ist laufend zu checken

- Ist aufgrund der Umwelteinflüsse die Einhaltung der Qualitätsanforderungen für Qualitätsklasse II temporär nicht mehr möglich, muss dies vom BAS selbständig erkannt und gemeldet werden. Die Daten dürfen dann nicht mehr weiterverwendet bzw. an Drittsysteme abgegeben werden.
- Solche „Ausfälle“ dürfen in 30 Tagen höchstens während 200 Stunden auftreten

Als massgebende Umwelteinflüsse gelten:

Einfluss	Indikatoren
Wechselnde Lichtverhältnisse	Flache Sonneneinstrahlung mit Blendung, temporäre Lichtreflexionen an Flächen, Übergang Tag/Nacht bzw. Nacht/Tag
Starker Niederschlag	Regen, Schnee
Eingeschränkte Sichtverhältnisse	Nebel, Rauch, Schneefall
Starker Wind	Vibrationen, zusätzlich bewegte Objekte wie Wind usw..
Verschmutzung	

Tabelle 11: Umwelteinflüsse

7.3 Inbetriebsetzung und Betrieb

Die Anlagenjustierung erfolgt während der Inbetriebsetzung des BAS. In dieser Phase wird das System an die Umfeldbedingungen angepasst. Nach Abschluss der Anlagenjustierungen im Betrieb des BAS müssen Nachjustierungen an der Anlage, welche Eingriffe vor Ort zur Folge haben vermieden werden. Es muss angestrebt werden, dass sämtliche Anpassungen über die Parametrierumgebung des Systems erfolgen können.

Die Konfigurationen von allen Komponenten müssen die nötige Stabilität aufweisen, damit ein uneingeschränkter Betrieb des Gesamtsystems gewährleistet werden kann. Ausfälle von einzelnen Komponenten müssen vom System erkannt und eindeutig angezeigt werden und dürfen den operativen Betrieb des restlichen Systems nicht beeinträchtigen.

Die Parametrierungen im Betrieb sollen ausschliesslich über die Bedienoberfläche des Systems erfolgen. Eingriffe vor Ort dürfen nur in Ausnahmefällen (Ausfälle, Beschädigungen, Ersatz) stattfinden. Eingaben sollen auf ihre Plausibilität geprüft werden, falsche Parametrierungen dürfen die Stabilität des Systems nicht beeinträchtigen.

Für Unterhaltsaufgaben ist ein Fernzugriff auf das System vorzusehen. Die Ausgestaltung dieses Fernzugriffes muss mit den örtlichen Begebenheiten und Sicherheitsbestimmungen abgestimmt werden. Über den Fernzugriff soll es berechtigten Personen möglich sein, alle relevanten Parameter des Systems einzustellen.

7.4 Montagebedingungen

7.4.1 Grundsatz

Es muss eine lückenlose, fahrstreifenbezogene Detektion von Ereignissen auf einer Strecke gewährleistet werden. Die Bildsensoren sind entsprechend zu platzieren. Die Bildsensoren sind in der Regel nicht Bestandteil eines BAS. Da die Qualität der Bildinformationen für die Auswertung von zentraler Bedeutung ist, besteht hier die Notwendigkeit, Anforderungen an die Bildsensoren und ihre Montage zu stellen.

7.4.2 Montage

Standort und Montage der Bildsensoren (Kameras) sind ein massgebendes Kriterium für die Qualität der von BAS gelieferten Daten. Die Kamerapositionen müssen so gewählt werden, dass in einem Tunnel eine lückenlose Überwachung möglich ist. Der gesamte Fahrbereich und alle Ausstellnischen müssen eingesehen werden können. Auf der offenen Strecke mit tieferen Sicherheitsanforderungen muss die Überwachung nicht flächendeckend sein.

Der Blickwinkel der Kamera muss so gewählt werden, dass die Möglichkeit von gegenseitigen Abdeckungen von Objekten im Bild minimiert wird. Es ist daher eine Position in der Mitte der Fahrspuren bzw. an der Tunneldecke anzustreben. Die einzelnen Fahrzeuge müssen auch bei dichtem Verkehr eindeutig separierbar sein.

Die Blickrichtung der Kameras muss in Fahrtrichtung sein, in diesem Fall ist in Tunneln die Verschmutzungsgefahr der Kameras geringer und es sind weniger Blendeffekte durch Scheinwerfer zu erwarten. Die Auswerttiefe muss auf geraden Strecken in Tunneln mindestens 100 Meter und auf der offenen Strecke 250 Meter betragen. Die Sichtgeometrie (Blickwinkel) muss so gewählt werden, dass auf der gesamten geforderten Auswerttiefe Objekte sicher identifiziert werden können.

Die Kameras müssen so montiert werden, dass im weiteren Betrieb keine Nachjustierungen im BAS erfolgen müssen, dies gilt auch insbesondere für Kameras in Tunneln nach einer Tunnelreinigung. Für den Unterhalt muss eine einfache Montage und Demontage der Kameras und ein einfacher Zugang gewährleistet werden.

Die Anforderungen müssen vor der endgültigen Montage mittels Tests verifiziert werden.

Bezüglich der Anforderungen für die Montage der Kameras wird an dieser Stelle explizit auf den Richtlinienentwurf für Verkehrsfernsehen vom ASTRA hingewiesen.

7.5 Prüfverfahren

Für die Überprüfung der geforderten Qualitäten der Resultate von BAS müssen entsprechende standardisierte Prüfverfahren vorhanden sein. Solche Verfahren sollen nicht nur beim Abnahmeverfahren von BAS (z.B.: Werksprüfung, Abnahme) sondern schon früher im Vergabeprozess (z.B. Präqualifikation, Submission) eines BAS zum Einsatz kommen. Zurzeit fehlen solche standardisierten Prüfverfahren gänzlich.

Die genaue Ausgestaltung solcher Prüfverfahren wird nicht in diesem Forschungsbericht abhandelt und ist auch nicht Bestandteil des Normentwurfs. Wir empfehlen, dieses Thema in einer weiteren Forschungsarbeit zu vertiefen.

Ein wichtiger Punkt bei der Analyse der Prüfergebnisse ist neben der Messgenauigkeit und der Anzahl von Fehlalarmen die Anzahl von nicht erkannten Ereignissen. Die Prüfungen müssen entsprechend so aufgebaut sein, dass auch nicht erkannte Ereignisse quantitativ und qualitativ erfasst werden können.

7.6 Zertifizierung / Qualitätssicherung

Die Zertifizierung eines BAS soll objektive Aussagen über die Qualität eines bestimmten Produktes ermöglichen, auf Basis von festgelegten Verfahren soll das Produkt eines Herstellers projekt- und objektunabhängig geprüft und eingestuft werden. Eine Zertifizierung wird erteilt, wenn das System prüfbar zuverlässige Resultate liefert. Die Zertifizierung eines Referenzsystems kann als Zulassungsbedingung eines BAS verwendet werden.

Es ist darauf zu achten, dass die verwendeten Verfahren objektiv sind und auch tatsächlich aussagekräftige Resultate liefern. Eine solche Zertifizierung kann entweder auf Basis von Standard Videosequenzen oder im Einsatz auf einer genau festgelegten Teststrecke durchgeführt werden.

Eine Teststrecke muss folgende Qualitäten aufweisen:

- Aufteilung in Teilgebiete: Tunnel, offene Strecke und Portalbereich;
- Mindestens 2 Fahrspuren und ein Standstreifen;
- Gerade Strecken von der jeweils als Auswerttiefe geforderten Länge;
- Möglichkeiten für den Betriebszustand „Gegenverkehr“.

Die Ausgestaltung einer solchen Zertifizierung muss noch im Detail erarbeitet werden.

7.7 Technische Anforderungen

7.7.1 Systemarchitektur

Das vollständige System besteht aus folgenden funktionalen Blöcken:

- Bildauswertung
- Bildspeicherung
- Steuerungs- und Bedieneinheit

Und folgenden Schnittstellen:

- Meldeschnittstelle zu Nebensystemen und übergeordneten Leitsystemen

- Video Eingang von den Signalgebern (Kameras)
- Bilder Ausgang aus dem Bildspeicher

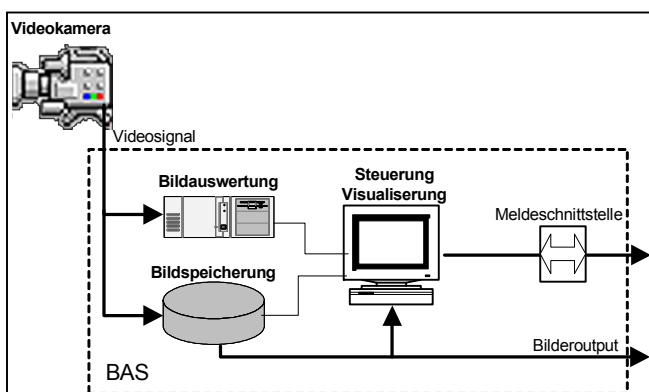


Abbildung 7: Funktionaler Aufbau

Es ist eine dezentrale Systemarchitektur des BAS anzustreben: Die Bildauswertung und Bildspeicherung soll so nah wie möglich bei den Bildsensoren erfolgen. Dadurch können Informationsverluste durch die Signalübertragung (Datenkompression, Datenwandlung) minimiert werden.

7.7.2 Systemanforderung

Die Funktionstüchtigkeit (Verfügbarkeit) von BAS muss gemäss Richtlinienentwurf vom ASTRA 99 % betragen, d.h. dass zu 99% der Zeit keine relevante Funktion des Systems entscheidend eingeschränkt sein darf. Diese hohe Anforderung an das System ist nur mit aufwändigen technologischen Mitteln zu erfüllen, was die Komplexität der Systemtechnik und damit die Kosten für Technik und Betrieb überproportional erhöht. Die Umfrage bei den Betreibern von Bildauswertesystemen hat ergeben, dass eine Funktionstüchtigkeit von 95 % des Systems völlig ausreichend ist. Eine Funktionstüchtigkeit von 95% ermöglicht eine einfachere Systemtechnik und daraus abgeleitet tiefere Kosten für Technik und Betrieb. Aus diesen praxisnahen Gründen wird im Normentwurf in Abweichung zum Richtlinienentwurf vom ASTRA eine Funktionstüchtigkeit von 95% für BAS gefordert.

Um diese Verfügbarkeit zu erreichen, müssen in der Systemtechnik entsprechende Massnahmen getroffen werden (Redundanzen). Das System muss sich selber überwachen und im Fehlerfall entsprechende Meldungen an die bezeichneten Zieladressen abgeben. Es ist sicherzustellen, dass das BAS als ganzes und insbesondere die verwendeten Algorithmen bei den vorhandenen Bedingungen funktionstüchtig sind.

Bei BAS, die in ein übergeordnetes System eingebunden sind, muss die Autonomie der Anlage gewährleistet sein, d.h. dass der Ausfall des übergeordneten Systems keinen Einfluss auf die Funktionalitäten des BAS haben darf. Die Bedienung erfolgt dann über die Rückfallebene.

Für die Verbesserung der Datenqualität können im System auch ergänzende Sensoren (z.B. Radarsensoren oder Brandsensoren) eingesetzt werden.

Die Anforderungen und Vorschriften für die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) und elektrische Sicherheit müssen eingehalten werden.

7.7.3 Systemfehlerbehandlung

BAS müssen die eigene Systemtechnik bis auf Stufe Baugruppen (z.B. Speisung, Interfacekarte etc.) und die Software Applikationen bis auf Stufe Funktionseinheit selber überwachen. Werden Beeinträchtigungen im System festgestellt, so sollen sie den folgenden Prioritäten zugeteilt werden:

- Alarme: Systemfunktion ist erheblich beeinträchtigt,
- Störungen: Systemfunktion unerheblich beeinträchtigt
- Meldungen: Statusinformation

Diese Informationen werden mit einem Zeitstempel und einer eindeutigen Bezeichnung versehen und im System wieder abrufbar protokolliert (Log Datei) und auf der Bedieneroberfläche in einem entsprechenden Meldeschirm angezeigt. Die Informationen werden zusätzlich als Meldungen mit der entsprechenden Priorität über die Meldeschnittstelle an die konfigurierten Zieladressen von Drittsystemen abgesetzt.

7.7.4 Signalgeber

Die Signalgeber (Kameras) sind nicht Bestandteil des BAS, dennoch stellt das BAS Anforderungen an die Signalgeber. Die Qualität der erfassten Bilder als Grunddaten ist eine wichtige Voraussetzung für die Qualität der ausgewerteten Informationen aus der Bildauswertung. Es müssen Kameras auf dem aktuellen Stand der Technik eingesetzt werden. Gemäss Richtlinienentwurf vom ASTRA muss die Videoüberwachung ab einer Lichtstärke von 0.5 cd funktionstüchtig sein. Die Kameras müssen bei diesen Lichtverhältnissen Bilder von genügender Qualität liefern können.

Wichtige Merkmale einer Kamera sind:

- Bildauflösung
- Objektive (Brennweite, Blendenautomatik)
- Empfindlichkeit des Bildsensors (wichtig ist hier das Rauschverhalten im Grenzbereich bei dunkler Umgebung)

Sämtliche Kameras sollen in Inventarlisten erfasst werden, mit eindeutiger AKS Bezeichnung der Kamera (AKS: Anlagen Kennzeichnung- System), Informationen zu Kameratyp, Standort, Beobachtungsrichtung und Bildauswertung.

In der Regel werden dieselben Kameras für das Verkehrsfernsehen und für die Bildauswertung verwendet. Dies hat neben der Kostenersparnis durch gemeinsam genutzte Infrastruktur den Vorteil, dass bei der Detektion von Ereignissen, z.B. stehendes Fahrzeug, die entsprechenden Kameras auf die Monitore in den Leitzentralen aufgeschaltet werden können. Werden die Signalgeber gleichzeitig für das Verkehrsfernsehen eingesetzt so müssen die Bedürfnisse des Verkehrsfernsehens (Aussagekraft des Bildes, Übersichtlichkeit, Farbe etc.) mit den Bedürfnissen des BAS (Berücksichtigen der Umweltbedingungen, optimaler Blickwinkel für Bildauswertung etc.) abgestimmt werden.

7.7.5 Bildauswertung

Die Bildauswertung muss stabile und zuverlässige Resultate aus den Bilderdaten der Signalbilder ableiten können. Wenn die Genauigkeit der Resultate aus der Bildauswertung von der Auswertdauer abhängt, so muss dieser Zeitwert parametrisiert werden können. Dieser Zeitwert darf 20 Sekunden nicht überschreiten. In begründeten Fällen (zum Beispiel bei der Branddetektion) kann dieser Zeitwert in Absprache mit dem Betreiber überschritten werden, wenn dadurch die Qualität der Auswertungsergebnisse markant verbessert werden kann und das Ereignis nicht zeitkritisch ist.

Spontane Meldungen zu Ereignissen und Systembeeinträchtigungen müssen nach der Detektion bzw., ihrem Auftreten im System innerhalb einer Zeitspanne von 1 Sekunde über die Meldeschnittstelle an die Zieladressen der Drittsysteme abgesetzt werden.

7.7.6 Bildspeicherung

Bildauswertesysteme müssen mit einem Bildspeichersystem (BSS) ausgerüstet werden. Das Bildspeichersystem dient der automatisierten Aufzeichnung im Ereignisfall und ermöglicht die Verwaltung und Visualisierung der gespeicherten Bilddaten.

Es sind von allen relevanten Kameras laufend Einzelbilder auf digitale Datenträger zu speichern. Für das Verkehrsfernsehen müssen im Ereignisfall die Bilder der involvierten Kameras während einer Vorlaufzeit von 10 Minuten vor dem Ereignis (Qualität: 5 Bilder pro Sekunde) und während einer Nachlaufzeit von 20 Minuten (Qualität: mindestens in PAL Qualität bezogen auf zwei Halbbilder) in einem Archivspeicher automatisiert abgelegt werden. Der Richtlinienentwurf vom ASTRA fordert in der Vorlaufzeit nur 1 Bild pro Sekunde, die Praxis hat jedoch gezeigt, dass für die Rekonstruktion von Ereignissen (z.B. Unfallhergang) eine grössere zeitliche Auflösung der Bilder in der Vorlaufzeit benötigt wird. Die gespeicherten Bilder müssen während 24 Stunden verfügbar sein. Bei der Detektion von mehreren Ereignissen müssen alle Ereignisse gespeichert werden.

Die Aufzeichnungen sind mit Zeitangaben (Auflösung: 10ms) anzugeben. Ist innerhalb eines Verbundes von Anlagen ein Zeitnormal vorhanden, so ist dieses zu verwenden, damit die Aufnahmen mit weiteren Daten synchronisiert werden können.

Aus Datenschutzgründen dürfen Videodaten ohne Anordnung von Untersuchungsbehörden nicht länger als 24 Stunden gespeichert werden. Es muss daher gewährleistet werden, dass die Aufzeichnungen wieder gelöscht werden.

7.7.7 Schnittstellen

Bilderschnittstellen:

Die Bilderschnittstellen lassen sich wie folgt einteilen.

- Schnittstelle Signalgeber: Über diese Schnittstelle werden die Bilddaten der Signalgeber (Kameras) ins System geführt. Es dürfen nur standardisierte und herstellernerneutrale Schnittstellen verwendet werden. Für eine zuverlässige Auswertung mit der geforderten Qualität muss die Qualität der anstehenden Videobilder ausreichend sein.
- Schnittstelle Bildspeichersystem: Über diese Schnittstelle werden die Daten der Bildspeicherungen weiteren Systemen zur Verfügung gestellt. Die übermittelten Bilddaten sollen standardisierte und herstellernerneutrale Formate aufweisen.

Meldeschnittstellen:

Die Schnittstellen von BAS zu weiteren Systemen lassen sich wie folgt einteilen:

- Meldeschnittstelle zu übergeordneten Systemen: Über Schnittstellen zu übergeordneten Systemen (Leitsystem, Betriebsleitebene) werden Meldungen zu den erfassten Daten aus der Verkehrsdatenerfassung und Ereignisdetektion sowie Meldungen, Störungen und Alarmer, welche das BAS selbst betreffen (Systemmeldungen), abgegeben. Die Bedienung des BAS erfolgt ebenfalls über diese Schnittstellen. Die Schnittstelle muss als Datenschnittstelle auf einem standardisierten herstellernerneutralen Kommunikationsprotokoll, wie z.B. TCP/IP, basieren.

- Meldeschnittstellen zu Nebensystemen: Die BAS arbeiten in der Regel in einem Verbund von Anlagen. Die Wechselbeziehungen auf Automationsebene werden in der Wirkmatrix definiert (Tunnelreflexe im Tunnelbereich). Typische Nebensysteme mit Schnittstellen zu BAS sind:
 - o Verkehrsfernsehen (VTV)
 - o Verkehrsleitsysteme (VLS)
 - o Beleuchtung und Belüftung in Tunnels
 - o Weiter Systeme zur Aufbereitung von Verkehrsinformationen.

Die Schnittstellen können als Parallelkontakte auf Einzelsteuerebene oder als Datenschnittstelle ausgebildet sein. Es dürfen nur standardisierte herstellernerneutrale Schnittstellentypen verwendet werden.

Pro Informationselement müssen die Zieladressen (zu Drittsystemen) einfach parametrisiert werden können, pro Element können mehrere Zieladressen programmiert werden.

Folgende Dateninhalte pro Fahrstreifen müssen mindestens übermittelt werden können:

Information	Einheit	Format	Intervall
Verkehrsmenge	Fz/h	Integer	periodisch
Geschwindigkeit	km/h	Integer	periodisch
Fahrzeugstatistik	% PW % LKW	Integer	periodisch
Stehendes Fahrzeug inkl. Standstreifen	True/False	Boolean	sofort
Verkehrszustandserfassung (flüssig, stockend, stehend)	1= flüssig, 2= stockend 3= stehend	Enum	sofort
Falschfahrer	True/False	Boolean	sofort
Gegenstand im Fahrbahnbereich	True/False	Boolean	sofort
Nischenbelegung	True/False	Boolean	sofort
Rauch	True/False	Boolean	sofort

Tabelle 12: Dateninhalte pro Fahrspur

Jedes Element muss mit eindeutigen Informationen zur Kamera (Bezeichnung, Standort), welche die Daten erfasst hat und mit der genauen Bezeichnung der betroffenen Fahrspur (Standstreifen, 1. Spur, 2. Spur, etc.) versehen werden.

7.7.8 Meldeverfahren

Die Daten, die durch BAS generiert und als Meldung an weitere Systeme übermittelt werden, lassen sich wie folgt einteilen:

- Verkehrsdaten: Diese Daten werden periodisch erhoben
- Ereignisdetektion: Detektion im Ereignisfall
- Systemmeldungen: Meldungen, Störungen und Alarmer, die das BAS als System betreffen.

Verkehrsdaten: Die Verkehrsdaten werden periodisch erhoben und automatisch in parametrisierbaren Zeitintervallen an die bezeichneten Zieladressen (Leitsysteme und Nebensysteme, siehe Schnittstellen) übermittelt.

Ereignisdetektion: Ereignisse werden sofort, d.h. unmittelbar nach der Detektion an die bezeichneten Zieladressen übermittelt. Den verschiedenen Ereignistypen müssen Prioritäten zugewiesen werden können. Das BAS muss mehrere gleichzeitig auftretende Ereignisse verarbeiten und weitermelden können.

Systemmeldungen: Systemmeldungen betreffen das BAS selber. Das System muss sich selber überwachen. Der Ausfall von für die Funktionalität relevanten Komponenten muss angezeigt und eine Meldung an übergeordnete Systeme abgesetzt werden. Insbesondere muss angezeigt werden, wenn die Bilder eines Sensors nicht mehr mit der erforderlichen Qualität ausgewertet werden können.

Die Meldungen mit ihrem aktuellen Status werden auch auf der Bedienoberfläche des BAS dargestellt. Die Meldebeziehungen sind aus der untenstehenden Abbildung ersichtlich.

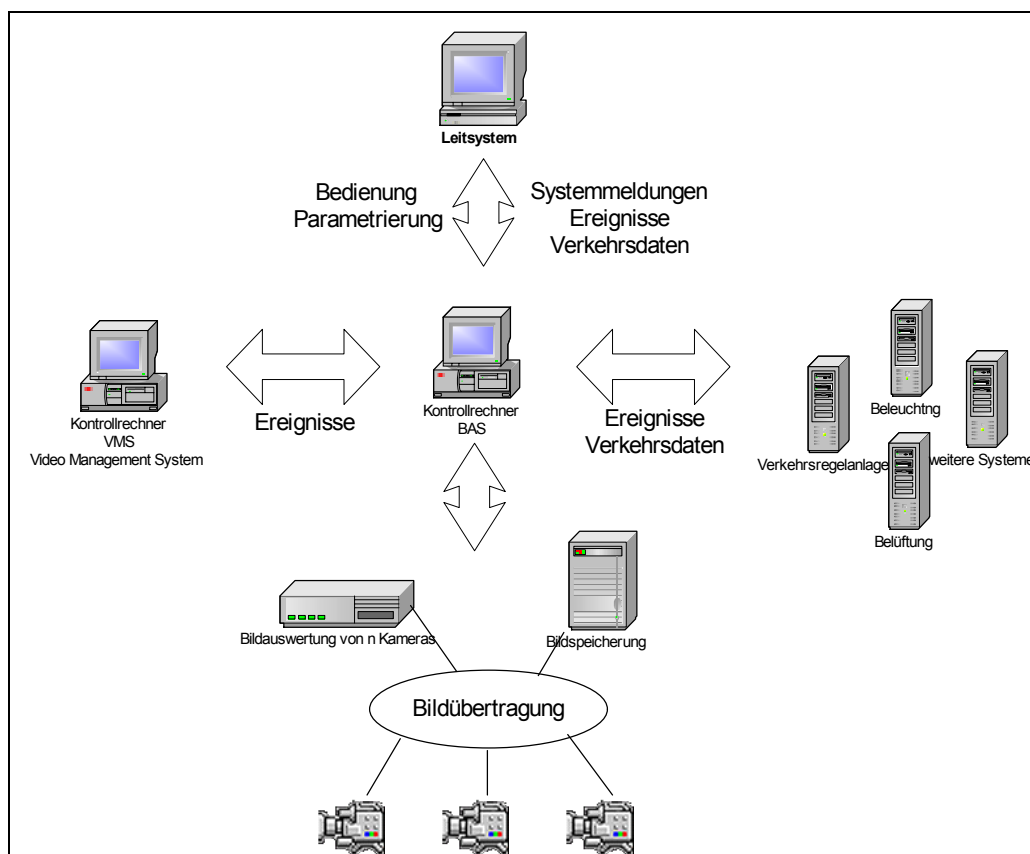


Abbildung 8: Meldebeziehungen

7.7.9 Meldeverhalten

Wenn durch Meldungen der BAS automatisch weitere Aktionen ausgelöst werden, wird je nach Qualität der erhobenen Daten und der nachfolgenden Aktion eine Prüfung und Quittierung der betreffenden Meldung durch eine verantwortliche Person (z.B. Polizist in einer Leitzentrale) nötig sein.

Meldungen aus dem BAS müssen je nach Typ unterschiedlich quittiert (Stufe System bzw. übergeordnetes Leitsystem) werden:

- Keine Quittierung: statistische Verkehrsdaten
- Einzelquittierung: Alarmmeldungen des Systems
- Sammelquittierung: Störungsmeldungen des Systems

- Zeitabhängige Quittierung: sicherheitsrelevante Meldungen (Brand, Falschfahrer, stehendes Fahrzeug). Bei zeitabhängigen Quittierungen wird nach Ablauf einer definierten Zeitspanne ohne Quittierung der Alarm eskaliert bzw. Aktionen werden ausgelöst.

Die Meldungen müssen mit dem ihrem Status (Priorität, quittiert/unquittiert) auf der Bedienoberfläche des Systems dargestellt werden.

7.7.10 Bedienung

Die BAS sind Überwachungssysteme und somit dauernd im automatischen Betrieb. Die Bedienung inkl. Parametrierung des BAS muss auf dem System selber und über ein übergeordnetes Leitsystem möglich sein. Bei Ausfall des übergeordneten Systems muss eine vollwertige Fernbedienung des Systems über einen Standard Internet Browser gewährleistet sein. Die Bedienoberflächen und die Bedienabläufe müssen bei der Bedienung vor Ort, ab übergeordnetem Leitsystem und ab Internet Browser so identisch wie möglich ausgestaltet sein.

Die Bedienung des BAS muss vollgraphisch auf einer Benutzeroberfläche ermöglicht werden. Die Bedienoberfläche muss übersichtlich den aktuellen Zustand des BAS darstellen, insbesondere müssen der aktuelle Status und die Parametrierung für die einzelnen Kameras dargestellt werden und der Status der wichtigsten Komponenten (z.B. Rechner) des Systems ersichtlich sein. Der Benutzer muss einfach und intuitiv auf die Ereignisdaten (Bildsequenzen des auslösenden Ereignisses), das Bildspeichersystem und die Verwaltung der gespeicherten Bilddaten zugreifen können. Dem Benutzer müssen Suchkriterien wie z.B. Datum, Zeit, Kameranummer, Ereignistyp etc.) zur Verfügung stehen. Bei Bedarf müssen die Archivdaten einfach in die Archive von Leitstellen kopiert werden können. Die Parametrierung erfolgt wie die Bedienung vollgrafisch (und nicht durch eine Kommandosprache) über die Bedienoberfläche.

Die Zugriffsberechtigungen müssen geregelt sein, die Benutzer melden sich via Login mit Passwort an. Folgende Berechtigungsstufen sind vorzusehen:

- Nur Visualisierungsrechte (Leseberechtigung)
- Recht zur Bedienung des Systems (eingeschränkte Schreibberechtigung)
- Recht zur Parametrierung des Systems (erweiterte Schreibberechtigung)

8 Schlussbemerkungen und Empfehlungen (Ausblick)

In den letzten Jahren wurden im Bereich der BAS grosse Fortschritte bezüglich Umfang und Qualität der erhobenen Daten erreicht. Diese Fortschritte wurden vorwiegend durch die Entwicklungen in der Computertechnologie (leistungsfähigere Prozessoren, grössere Speicherkapazitäten) und die Weiterentwicklungen im Bereich der Algorithmen für die Bildauswertung ermöglicht. Zu diesen Punkten kommen die Erfahrungen der Hersteller und Betreiber von BAS hinzu. Für die Zukunft ist eine Fortsetzung dieser Entwicklung zu erwarten. Dies wird für zukünftige Systeme folgenden Gewinn ergeben:

- Die Qualität der erfassten Daten wird weiter verbessert.
- Der Zeitbedarf für die Bildauswertung wird kleiner.
- Der Umfang der erhobenen Daten bzw. detektierbarer Ereignisse wird grösser
- Die Parametrierung der Systeme wird vereinfacht.

Mit dieser Ausgangslage sind im Verkehrsumfeld für BAS folgende Entwicklungen denkbar:

- Enforcement: Geschwindigkeitskontrollen, Reisezeitmessungen, Gefahrgutererkennung;
- Statistische Daten: Erfassen von genaueren und detaillierteren Verkehrsdaten (z.B. Verkehrszählung: Unterscheiden von verschiedenen Fahrzeugkategorien);
- Brand: Nahtlose Integration der Bildauswertung im Bereich der Brandmeldung (Früherkennung);
- Unterstützung LSVA: Datenerfassung bei automatischen Gebührensystemen (Road Pricing);
- Erfassen der Belegung von Parkplätzen;
- Erkennen von speziellen Fahrzeugen: Priorisierung von Fahrzeugen des öffentlichen Verkehrs bei Verkehrsregelsystemen (z.B. Ampeln);
- Einsatz für Baustellenüberwachung;
- Ersatz von Schlaufensensoren durch BAS.

Neben den BAS mit fix installierten Kameras entlang der Strassenstrecken darf der Einsatz von einfacheren, mobilen Bildauswertesystemen in Fahrzeugen für die Zukunft erwartet werden. Die Einsatzmöglichkeiten solcher Systeme sind gross und dienen der Entlastung des Fahrers als Hilfsmittel (z.B. Erkennen von Verkehrssignalen) oder zu seiner Sicherheit (z.B. Überwachung der Augenbewegungen des Fahrers → Warnung vor Übermüdung). Einige einfache Systeme sind bereits für Fahrzeuge der Luxusklasse als Option auf dem Markt erhältlich.

Parallel zur technischen Entwicklung bzw. als Folge davon haben in den letzten Jahren Einsatz und Umfang von BAS stetig zugenommen. Insbesondere in Tunneln gelten BAS aus Sicherheitsüberlegungen zur Standardausrüstung. Die Ausrüstung auf offenen Strecken ist punktuell bereits vorhanden und wird mit der wachsenden Bedeutung des Verkehrsmanagements auf stark ausgelasteten Strassen zukünftig noch zunehmen.

Aufgrund der heutigen Situation und der noch zu erwartenden Zukunftsperspektiven von BAS ist deren Normung dringend erforderlich. Mit der vorliegenden Forschungsarbeit werden die Grundlagen geschaffen, die entsprechende Norm umzusetzen.

Aufgrund der Forschungsergebnisse empfehlen wir folgendes weiteres Vorgehen:

1. Der vorliegende Normentwurf soll wie geplant zu einer definitiven Norm weiterentwickelt werden
2. Die entstehende Norm soll von den Bauherren von Verkehrsanlagen mit BAS für die Konzipierung, Projektierung, Ausschreibung, Lieferung, Installation und den Betrieb von BAS verbindlich erklärt werden.
3. Für die Überprüfung zur Einhaltung der in der Norm vorgegebenen Qualitätsanforderungen sind für den Vergabeprozess, Werkprüfungen und Abnahmen entsprechende detaillierte Prüfverfahren festzulegen.
4. Den Lieferanten von BAS soll die Möglichkeit geschaffen werden, ihr Produkt in einem festgelegten Verfahren projekt- und objektunabhängig zertifizieren zu lassen. Dieser Zertifizierungsprozess muss sorgfältig und detailliert vorbereitet werden.
5. Die mit BAS und anderen Erfassungssystemen detektierbaren unterschiedlichen Staustufen, welche sich über unterschiedliche Verkehrskenngrößen definieren lassen, sollten standardisiert werden. Dabei sollte die Standardisierung in Anlehnung an die in SN 640 018, Tab. 6 festgelegten Verkehrsqualitätsstufen A bis F und unabhängig vom Erfassungssystem erfolgen.

Literaturverzeichnis

- [1] VSS-Norm, SN 640 871 Strassenverkehrstelematik, Grundlagennorm
- [2] VSS-Norm, SN 640 018 Leistungsfähigkeit, Verkehrsqualität, Belastbarkeit
- [3] Bundesministerium für Verkehr (D): Technische Lieferbedingungen für Streckenstationen (TLS), 1993
- [4] ASTRA Bundesamt für Strassen, Richtlinie Verkehrsfernsehen, (Entwurf 2003)
- [5] RAPP AG, Systeme für die automatische Verkehrskontrolle mit digitaler Bildtechnik, 2002

Abkürzungsverzeichnis

AKS	Anlagen Kennzeichnungssystem
ASTRA	Bundesamt für Strassen
AVZ	Automatische Strassenverkehrszählung
BAS	Bildauswertesystem
BMA	Brandmeldeanlage
BSS	Bildspeichersystem
CCD	Charge Coupled Device: Technologie für lichtempfindliche Bauelemente
CEN	Comité Européen de Normalisation, Europäisches Komitee für Normung
EM-Anlagen	Elektromechanische Anlagen
EMV	Elektromagnetische Verträglichkeit
LKW	Lastkraftwagen
LSVA	Leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe
PAL	Phase Alternation Line: Norm für Farbfernsehen
PW	Personenwagen
TLS	Technische Lieferbedingungen für Streckenstationen
VDE	Verkehrsdatenerfassung
VMS	Video Management System
VLS	Verkehrsleitsystem
VSS	Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute
VTV	Verkehrsfernsehen