



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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

Bundesamt für Strassen
Office fédéral des routes
Ufficio federale delle Strade

Qualitätsanforderungen an die digitale Videobild-Bearbeitung zur Verkehrsüberwachung

**Quality requirements for digital Video-analysis in traffic
surveillance**

**Exigences de qualité posées au traitement vidéo numéri-
que pour la surveillance du trafic routier**

**R. Brüniger AG
Engineering & Consulting**

**Dr. R. Annen
R. Brüniger
B. Zumsteg**

**Forschungsauftrag VSS 2006/903
auf Antrag der Fachkommission FK 9**

Impressum

Forschungsstelle und Projektteam

Projektleitung

Beat Zumsteg

Mitglieder

Dr. Richard Annen

Roland Brüniger

Federführende Fachkommission

Fachkommission 9

Begleitkommission

Präsident

Simon Benz

Mitglieder

Roland Aellen

Kurt Amstad

Robert Hämmerli

Beat Hiller

Bruno Hofstetter

Eduard Lehmann

Ferdinand Prisi

Roger Rüegg

Markus Schlup

Nikolaus Seifert

Stefan Stadelmann

Jürg Uhlmann

KO-Finanzierung des Forschungsauftrags

Bundesamt für Strassen ASTRA

Antragsteller

VSS

Bezugsquelle

VSS

Inhaltsverzeichnis

Impressum	4
Zusammenfassung	7
Résumé	8
Summary	10
1 Ausgangslage	11
1.1 Einleitung.....	11
1.2 Zielsetzung	11
1.3 Methodisches Vorgehen	11
2 Einführung VTV-Anlagen	13
2.1 Bildauswertung im Gesamtsystem.....	13
2.2 Elemente einer VTV-Anlage.....	14
2.2.1 Kamera.....	14
2.2.2 Bildauswertung.....	14
2.2.3 Bildspeicher	15
2.2.4 Kommunikationsnetz, Bildübertragung, Meldeschnittstelle	15
2.2.5 Leitebene mit Bedienoberfläche.....	15
3 Relevante Normierung und Forschung	17
3.1 Einleitung.....	17
3.2 Nationale Forschung und Normierung	17
3.2.1 SN 671 971	17
3.2.2 SN 671 972	18
3.2.3 Forschungsauftrag VSS1999/265	19
3.2.4 Richtlinienentwurf VTV vom Bundesamt für Strassen	21
3.3 Internationale Forschung und Normierung	21
3.3.1 Deutschland	21
3.3.2 Österreich.....	22
3.3.3 Europa.....	23
3.3.4 Vereinigte Staaten.....	23
3.4 Fazit.....	24
4 Auswertung Gespräche Unternehmer und Betreiber	25
4.1 Einleitung.....	25
4.2 Ist-/Sollanalyse Datentypen	25
4.2.1 Erweiterung der Datentypen	25
4.2.2 Gewichtung	26
4.3 Ursache der Falschalarme	26
4.4 Verbesserung Zuverlässigkeit.....	27
4.5 Anforderungen Falschalarmrate.....	28
5 Analyse und Bewertung bestehender Anlagen	30
5.1 Einleitung.....	30
5.2 Anlage 1 – freie Zone	30
5.3 Anlage 2 – freie Zone	31
5.4 Anlage 3 - Tunnelzone	32
5.5 Bewertung und Methodik	34
6 Systemanforderungen	35
6.1 Begriffe	35
6.1.1 Bildauswertungssystem	35
6.1.2 Bildauswertungseinheit	37
6.1.3 Bilddaten	37
6.1.4 Brand.....	37
6.1.5 Daten.....	37
6.1.6 Detektionsrate	37
6.1.7 Drittsysteme	37
6.1.8 Echtereignis.....	37
6.1.9 Falschalarmrate.....	37
6.1.10 Halbautomatisches Verkehrsmanagement.....	37
6.1.11 Plausibilität	38
6.1.12 Steuerung.....	38

6.1.13	Umwelteinflüsse	38
6.1.14	Systemdaten	38
6.1.15	Umweltbedingte Verfügbarkeit.....	38
6.1.16	Qualität.....	38
6.1.17	Videosignal	38
6.1.18	Vollautomatisches Verkehrsmanagement	38
6.2	Datentypen.....	38
6.3	Systemdatentypen	40
6.4	Umwelteinflüsse.....	40
6.5	Einflüsse von Drittsystemen.....	41
6.6	BAS-Qualitätsklassen	42
7	Anforderungen und Prüfung.....	43
7.1	Einleitung	43
7.2	Evaluation	43
7.3	Testsystem für Funktionsprüfung und Probebetrieb.....	44
7.4	Kameraanordnung	44
7.5	Verkehrsdaten.....	45
7.6	Ereignisdaten	45
7.6.1	Ueberwachungsbereiche	45
7.6.2	Anforderungen BAS-Qualität	45
7.6.3	Rauchdetektion	46
7.6.4	Funktionstest.....	47
7.6.5	Stehendes Fahrzeug.....	48
7.6.6	Funktionstest.....	48
7.6.7	Falschfahrer	48
7.6.8	Funktionstest.....	48
7.6.9	Stau (Verkehrszustand)	49
7.6.10	Funktionstest.....	49
7.6.11	Gegenstand	49
7.6.12	Funktionstest.....	50
7.6.13	Nischenbelegung	50
7.6.14	Funktionstest.....	50
7.6.15	Standstreifenbelegung	50
7.6.16	Funktionstest.....	51
7.6.17	Fussgänger	51
7.6.18	Funktionstest.....	51
7.6.19	Detektionsrate	51
7.6.20	Probebetrieb	52
7.6.21	Analyse, Bewertung und Massnahmen	53
7.6.22	Betrieb.....	54
8	Schlussfolgerungen	55
Anhänge		56

Zusammenfassung

Mit dieser Forschungsarbeit werden Qualitätsanforderungen und entsprechende Prüfkriterien an Bildauswertungssysteme zum Zweck der Verkehrsüberwachung definiert. Diese Anforderungen und Prüfkriterien sollen als Vorgabe für die Ausschreibung, Realisierung und Abnahme solcher Anlagen dienen. Deshalb werden die erarbeiteten Resultate in eine neue Schweizer Norm SN 671 973 aufgenommen, welche die bestehende Schweizer Norm „Automatische Verkehrszustandserfassung im Strassenverkehr mit digitaler Bildtechnik“ (SN 671 972) in Bezug auf die erwähnten Aspekte ergänzt. Verschiedene Verkehrsinformationen können mittels Bildauswertung erfasst werden. Dabei unterscheidet man zwischen Verkehrs- und Ereignisdaten. Die Verkehrsdaten umfassen Geschwindigkeit, Verkehrsdichte, –stärke und Ähnliches. Die Ereignisdaten umfassen alle ungewöhnlichen und primär nicht erwünschten Ereignisse im Strassenverkehr wie stehendes Fahrzeug oder Stau.

In einem ersten Schritt wurden mittels einer gezielten Literatur- und Internetanalyse die Grundlagen erarbeitet. Es hat sich gezeigt, dass Anforderungen und Prüfkriterien für Verkehrsdaten durch die „Technische Lieferbedingungen für Streckenstationen“ (TLS) vom BASt sehr genau definiert. Zusätzlich hat das ASTRA die Richtlinie Verkehrsmanagement Schweiz (VM-CH) veröffentlicht, welche diesbezügliche Anforderungen ebenfalls definiert. Diese Richtlinie ist erst kürzlich erschienen und daher in der Literaturanalyse nicht berücksichtigt worden. Anforderungen und Prüfkriterien für Ereignisdaten sind hingegen ungenügend spezifiziert. Einzig in Österreich hat die ASFiNAG eine Richtlinie publiziert, welche versucht diesbezügliche Normierungslücken zu schliessen. In der vorliegenden Arbeit wurden Aspekte dieser Richtlinie, wo sinnvoll, übernommen.

In einem zweiten Schritt wurde mittels Gesprächen mit Betreibern und Lieferanten solcher Systeme abgeklärt, was der neueste Stand der Technik ist und was die Anforderungen aus der Sicht der Betreiber sind. Dabei wurde festgestellt, dass die Grundlagen definiert durch die SN 671 972 aktuell sind und nur wenige Ergänzungen gemacht werden müssen.

Ein Schwerpunkt dieser Arbeit war die Analyse, inwiefern die Berücksichtigung von Umwelteinflüssen und die Plausibilitätsprüfung von Ereignisdaten verschiedener Kameras die Zuverlässigkeit von Bildauswertungssystemen verbessern kann. Dazu wurden bestehende Anlagen gezielt auf diese Fragen untersucht. Die Analyse hat aufgezeigt, dass eine Verbesserung der Zuverlässigkeit erzielt werden kann. In den meisten Fällen ist dies aber nur auf Kosten der Verfügbarkeit des Systems möglich, da die zuverlässige Bildauswertung unter schlechten Umweltbedingungen nicht mehr möglich ist. Dies trifft vor allem für Anlagen zu, welche in der freien Zone installiert sind. Es ist ein Kompromiss zwischen Zuverlässigkeit und umweltbedingter Verfügbarkeit notwendig.

In einem letzten Schritt wurden auf der Grundlage der verschiedenen Analysen ein Anforderungskatalog formuliert und entsprechende Prüfungskriterien festgelegt. Es wird ein Qualitätsnachweis auf der Basis der maximalen Anzahl zulässiger Falschalarme pro Woche vorgeschlagen. Dabei wird unterschieden zwischen einer Falschalarmkomponente, welche konstant ist, und einer, welche mit der Anzahl Echtereignissen skaliert.

Résumé

Le but du présent travail de recherche est de définir les exigences de qualité auxquelles doivent satisfaire les systèmes d'évaluation d'image utilisés pour la surveillance du trafic routier et de déterminer les critères de contrôle applicables correspondants. Ces exigences et ces critères sont censés servir de bases pour la rédaction d'un appel d'offres ainsi que pour la réalisation et la réception de tels systèmes. Les résultats ainsi obtenus seront intégrés dans une nouvelle norme suisse, la norme SN 671 973, qui viendra compléter la norme suisse existante pour la „Surveillance automatique de l'état du trafic routier par imagerie numérique“ (SN 671 972). La méthode par imagerie permet de détecter et d'acquérir différentes informations sur le trafic. On distingue ce faisant entre les données concernant le trafic et les données événementielles. Les données concernant le trafic comprennent la vitesse, la densité et l'intensité du trafic, etc. Les données événementielles se rapportent à tous les événements exceptionnels ou aux événements non souhaités représentant une gêne pour le trafic routier, tel qu'un véhicule à l'arrêt ou un embouteillage.

La première étape a consisté à établir les fondements de base via une analyse ciblée de la littérature spécialisée et des textes consultables sur Internet. Il est apparu que les exigences de qualité et les critères de contrôle à l'égard des données concernant le trafic sont définies de manière détaillée dans l'ouvrage allemand de recommandations publié par l'Institut fédéral de recherche routière (BASt) et intitulé „Technische Lieferbedingungen für Streckenstationen“ (TLS). L'Office fédéral des routes (OFROU) a également publié la directive „Gestion du trafic VM-CH“ qui fixe les exigences à satisfaire dans ce contexte. Cette directive venant juste de paraître, elle n'a pu être prise en considération lors de l'analyse des ouvrages pertinents en la matière. Insuffisante s'avère être en revanche la spécification des exigences et des critères de contrôle pour les données événementielles. L'ASFiNAG, en Autriche, est la seule à avoir publié une directive qui tente de combler les lacunes normatives constatées dans ce contexte. Le présent dossier reprend – là où cela paraît utile – certains aspects de cette directive.

La seconde étape a consisté à identifier, par le biais du dialogue avec les exploitants et les fournisseurs, les systèmes à la pointe du progrès technique et les exigences à satisfaire du point de vue des exploitants. Ce faisant, il a été constaté que les bases établies par la norme SN 671 972 sont d'actualité et ne devront être complétées que dans une très faible mesure.

Le travail d'analyse fourni dans le cadre du présent dossier a principalement porté sur la question de savoir dans quelle mesure la prise en compte des influences de l'environnement et le contrôle de plausibilité des données événementielles saisies par différentes caméras peuvent améliorer la fiabilité des systèmes d'analyse d'image. Les installations en place ont été examinées de manière ciblée en rapport avec cette question. L'analyse a montré qu'il est possible d'améliorer la fiabilité des systèmes. Dans la plupart des cas, cette amélioration s'avère toutefois uniquement possible aux dépens de la disponibilité du système vu qu'une évaluation fiable de l'image n'est plus possible en présence de conditions ambiantes défavorables. Cela est particulièrement vrai pour les systèmes installés en plein air. Un compromis doit être trouvé entre la fiabilité et la disponibilité du système en liaison avec les conditions ambiantes.

La dernière étape a été de rédiger un catalogue d'exigences sur la base des différentes analyses effectuées et de déterminer des critères de contrôle correspondants. Il est suggéré qu'il soit fourni un justificatif de qualité sur la base du nombre maximal admissible de fausses alarmes par semaine. Il conviendra ce faisant de distinguer entre une composante de fausse alarme constante et une composante de fausse alarme cadrant avec le nombre d'événements réels.

Summary

This research work defines quality requirements and corresponding testing rules for video based traffic surveillance systems. Those sets of requirements and testing rules are intended to unify the planning, submission and approval processes of such systems. Therefore, the elaborated results will be integrated in the new Swiss standard SN 671 973 as an addition to the existing standard „Automatische Verkehrszustandserfassung im Strassenverkehr mit digitaler Bildtechnik“ (SN 671 972). Image analysis allow the measurement of two types of data: traffic and event. The traffic data includes speed, traffic density, intensity and others. The event data includes all unusual and primarily unwanted events such as stopped vehicle or traffic congestion.

As a first step, the state of national and international standardization by means of a literature and internet analysis was investigated. It has been found that requirements and corresponding approval processes are well defined for traffic data by the paper „Technische Lieferbedingungen für Streckenstationen“ (TLS) of BAST. Therefore, no additional standardization is required for this kind of data. For event data, however, there is a demand for a new standard. Only in Austria, the ASFINAG has published guidelines attempting to close corresponding gaps in standardization. Where appropriate, aspects of those guidelines were adopted in this work.

In a second step, the state-of-the-art and requirements of traffic surveillance systems were discussed with major suppliers and operators of such systems in Switzerland. It was found that the basic requirements defined by the SN 671 972 are still valid and only a few additions should be considered.

The major focus of this work was the analysis, whether the consideration of environmental influences or plausibility checks between events detected on different camera images can improve the precision of detection. For this, existing systems installed on Swiss motorways have been investigated concerning these questions. The analysis has revealed that a significant improvement in precision can be achieved. In most cases, the improved precision is possible at the expense of the availability of the system. The reason is that under poor environmental conditions a precise image analysis is no longer possible. This is in particular true for outdoor systems. It is always a compromise between availability and precision of the system.

In a last step, a catalog of quality requirements and dedicated test procedures were formulated. It is suggested to use the number of wrong detected events per week as a main quality criterion. Thereby the number of accepted wrong detected events is given by two factors. One factor is constant and reflects system specific characteristics such as number of installed cameras and traffic volume. The other factor scales with the number of correctly detected events. Thus, the more events are correctly detected, the more wrong detected events are allowed.

1 Ausgangslage

1.1 Einleitung

Mit dem stets dichter werdenden Strassenverkehr kann der Einsatz von Video in verschiedenen Bereichen von Vorteil sein. Einerseits wird es immer entscheidender, dass die Polizei den Verkehrsablauf durch Einblick ins Strassengeschehen überwachen und sich bei ausserordentlichen Ereignissen rasch über den effektiven Zustand vor Ort über Videobilder orientieren kann. Andererseits ist es sinnvoll, die bestehende bauliche Infrastruktur mit einem intelligenten Verkehrsleitsystem effizient zu nutzen. Die kontinuierliche Entwicklung der Bildauswertung erlaubt heute das schnelle und automatische Erfassen der aktuellen Verkehrssituation. Dabei hat die Videotechnologie entscheidende Vorteile gegenüber herkömmlichen Systemen, basierend auf Induktionsschleifen oder Ultraschall Radar. Die automatische Aufschaltung der massgeblichen Bilder erlaubt den Verantwortlichen in der Leitzentrale die visuelle Kontrolle, bevor ggf. weitere Schritte eingeleitet werden.

Mit den beiden Normen SN 671 971 „Automatische Kontrollanlagen mit digitaler Bildtechnik im Strassenverkehr“ und SN 671 972 „Automatische Verkehrszustandserfassung im Strassenverkehr mit digitaler Bildtechnik“, bestehen in der Schweiz neben dem Entwurf der ASTRA-Richtlinie „Verkehrsfernsehen“ zwei Normen zu Video-Enforcement und Video-Monitoring.

Währenddem bei Anlagen für das Video-Enforcement, bedingt durch deren notwendige Homologierung durch das METAS, klare Test-, Qualitäts- und Abnahmeanforderungen definiert werden, fehlen diese bei Anlagen für das Video-Monitoring.

Produzenten von Video-Monitoring-Anlagen spezifizieren häufig Fehlerraten für die verschiedenen Ereignistypen pro Videokamera. Es fehlen aber meist quantifizierbare und nachvollziehbare Test- und Abnahmekriterien sowie Optimierungshinweise. So hat sich in der Praxis zum Beispiel gezeigt, dass auch bei einer relativ hohen Fehlerrate pro Videokamera, beim Ereignistyp Falsch- oder Geister-Fahrer diese praktisch eliminiert werden durch die einfache, zeitlich abgestimmte UND-Verknüpfung der Auswertung an zwei aufeinander folgenden Beobachtungsquerschnitten.

1.2 Zielsetzung

Das Ziel dieser Arbeit ist es, aufbauend auf der erwähnten Norm, einerseits praxisnahe Spezifikationen, Abnahmekriterien und entsprechende Prüfmethode für ein Bildauswertungssystem (BAS) und die relevanten Datentypen zu erarbeiten. Dabei müssen Faktoren wie Verwendungszweck und –ort sowie externe Einflüsse berücksichtigt werden. Andererseits ist es das Ziel, Qualitätsklassen zu definieren, die klassenspezifische Anforderungen an Auswertungs–Schnelligkeit, –Sicherheit und –Zuverlässigkeit unter Einbezug der erwähnten Faktoren stellen.

Diese Arbeit soll schliesslich als Grundlage für eine Norm dienen, die die vorgenannten Aspekte regelt. Die Norm soll Planern von VTV-Anlagen als Grundlage dienen, um einheitliche und produktneutrale Ausschreibungen zu erarbeiten, Offerten objektiv zu beurteilen und die Realisierung, Inbetriebnahme, Optimierung und Abnahme kompetent zu begleiten. Die Norm wird einen massgeblichen Beitrag leisten, um die Qualität und Wirtschaftlichkeit von BAS zu optimieren. Planer, Unternehmer sowie Betreiber solcher Anlagen können davon profitieren.

1.3 Methodisches Vorgehen

Die geplante Norm „Qualitätsanforderungen an die digitale Video-Bildverarbeitung zur automatischen Verkehrszustandsüberwachung im Strassenverkehr“ soll mit der bereits bestehenden Norm SN 671 972 „Automatische Verkehrszustandserfassung im Strassen-

verkehr mit digitaler Bildtechnik“ eine Einheit bilden. In der bestehenden Norm wurden die Grundlagen definiert, welche für die Qualitätsanforderungen weiter zu verwenden sind. Durch Grundlagenstudien und den direkten Kontakt zu Anbietern und Betreibern solcher Systeme wird der Anforderungskatalog erweitert.

Ein weiterer Schwerpunkt der Forschungsarbeit liegt in der praxisorientierten Analyse bestehender Videoanlagen mit Ereignisdetektion. Diese soll Aufschluss darüber geben, welche Einflüsse zu Falschalarmen führen. Daraus werden Bewertungsschemata für die einzelnen Ereignistypen abgeleitet und Kriterien/Limiten für die verschiedenen Qualitätsklassen definiert.

In einem letzten Schritt werden die Grundlagen für den Normentwurf ausgearbeitet.

Daraus ergeben sich die folgenden 5 Arbeitspakete (AP):

- AP1: Erarbeitung der Grundlagen
- AP2: Analyse bestehender Anlagen
- AP3: Erarbeiten der Bewertungsschemata
- AP4: Definition von Anforderungen an System und Komponenten und der Prüfkriterien
- AP5: Erarbeiten der Normungsgrundlagen

Die Kapitel 2-4 dokumentieren das Arbeitspaket 1. Die Resultate aus den Arbeitspaketen 2 und 3 sind im Kapitel 5 dokumentiert. Die Kapitel 6-7 dokumentieren die Arbeitspakete 4 und 5.

2 Einführung VTV-Anlagen

2.1 Bildauswertung im Gesamtsystem

Ein Bildauswertungssystem (BAS) ist eingebettet in eine Verkehrsfernseh-Anlage (VTV), bestehend aus verschiedenen Systemkomponenten und –ebenen. Die nachfolgende Abbildung skizziert ein mögliches Systemkonzept gemäss dem Richtlinienentwurf VTV vom Bundesamt für Strassen [7]. Bei anderen Systemkonzepten wird die Bildauswertung in der Leitebene oder in Zukunft sogar direkt in der Kamera eingebunden. Gemäss dem Technologietrend werden heute mehrheitlich Kommunikationsnetze, basierend auf TCP/IP eingesetzt.

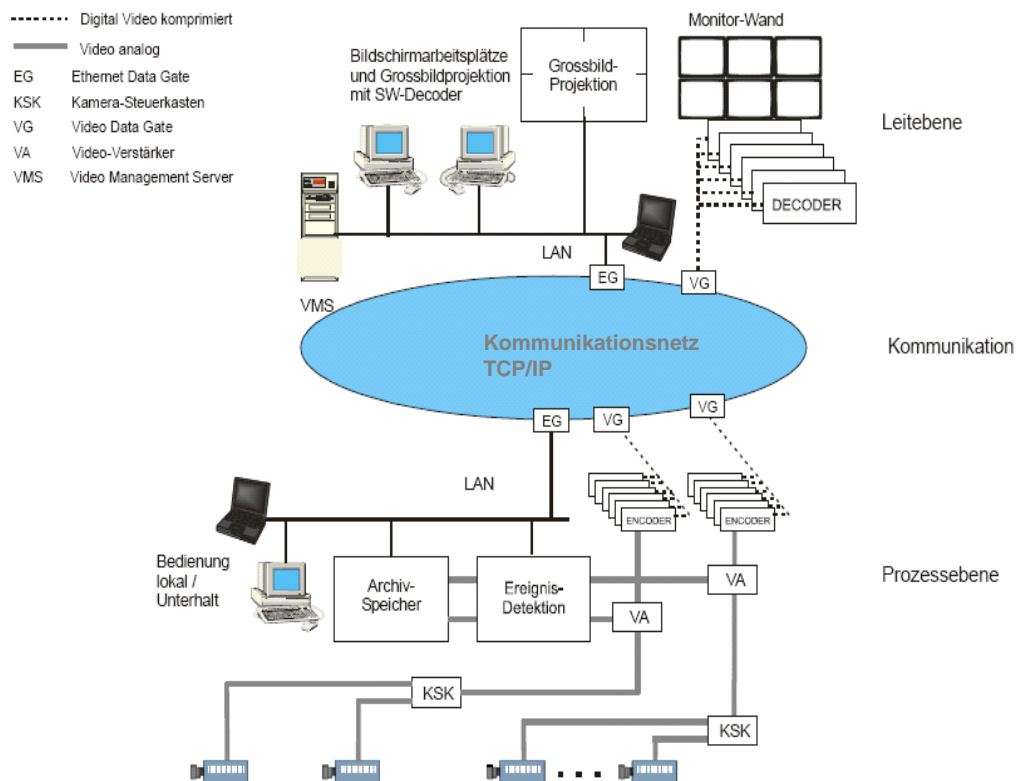


Abbildung 1 Systemkonzept VTV gemäss [7]

Ein VTV-System besteht grundsätzlich aus folgenden Komponenten und Subsystemen:

- Kamera
- Bildauswertung (Ereignis-Detektion)
- Bildspeicher (Archiv-Speicher)
- Kommunikationsnetz
- Bildübertragung (Encoder, Decoder)
- Meldeschnittstelle (Video Management System)
- Leitebene mit Bedienoberfläche

Die Kamera liefert das Videosignal über entsprechende Übertragungskanäle der Bildauswertung und dem Bildspeicher. Über ein Breitbandnetz können die Bilder in der Leit-

zentrale von jeder Kamera in Echtzeit oder vom Bildspeicher aufgeschaltet werden.

Gemäss der Norm SN 671 972 „Automatische Verkehrszustandserfassung im Strassenverkehr mit digitaler Bildtechnik“ [2], schliesst das BAS die Komponenten Bildauswertung, Bildspeicher und die Meldeschnittstelle ein. Die Meldeschnittstelle übergibt die Ereignisdaten an die Leitzentrale und an andere Anlagensteuerungen. Gemäss dieser Norm ist die Kamera nicht Bestandteil des BAS. Sie hat jedoch naturgemäss einen entscheidenden Einfluss auf dessen Zuverlässigkeit. Daher sind die Anforderungen an die Kamera ebenfalls in der SN 671 972 definiert.

2.2 Elemente einer VTV-Anlage

2.2.1 Kamera

Bei der Kamera sind Objektiv- und Sensoreigenschaften wie Brennweite, Sensorgrösse, Anzahl Bildpunkte, Bilderrate und Lichtempfindlichkeit wichtige Grössen. Diesbezügliche Anforderungen werden teilweise in verschiedenen Normen und Richtlinien vorgegeben:

- Richtlinie für VTV vom Bundesamt für Strassen (Schweiz, [7])
- Norm SN 671 972 [2]
- Richtlinien und Vorschriften für den Strassenbau RVS 9.282 (Österreich, [12])
- Richtlinien für die Ausstattung und den Betrieb von Strassentunneln RABT (Deutschland, [14])

Eine umfangreiche Anforderungsliste ist in der Forschungsarbeit von Prof. Dr. Haack vom Institut für Strassenwesen der Uni Aachen als Empfehlung gegeben (Seite 103, Tabelle 9-10, [15]). In der Norm SN 671 972 wird gefordert, dass Farbkameras auf dem Stand der Technik eingesetzt werden sollen. Diese Formulierung birgt die Gefahr, dass der Stand der Technik je nach Position anders beurteilt wird. Das betrifft vor allem die nachfolgend ausgeführte Technologieforderung, welcher sie bewusst ausweicht, da jede Technologie ihre Vor- und Nachteile hat, welche rasch ändern können.

Heute werden vor allem Sensoren, basierend auf der CCD- (Charge-Coupled Device) Technologie eingesetzt. Die Sensoren, basierend auf CMOS- (Complementary-Metal-Oxide-Semiconductor) Technologie konnten sich wegen der schlechten Rauscheigenschaft und der daraus folgenden schlechten Empfindlichkeit nicht durchsetzen. Diese Situation ändert sich nun aufgrund der kontinuierlichen Weiterentwicklung der CMOS-Technologie. Dies bringt die Vorteile dieser Technologie immer mehr in den Vordergrund ([10] Seiten 31-37). Ein Vorteil ist vor allem die wesentlich höhere Dynamik von CMOS-Sensoren. Der direkte Lichteinfall auf die Kamera führt zum Beispiel bei CCD-Sensoren zu „Blooming“- und „Smearing“-Effekten. Diese sind bei CMOS-Sensoren weit weniger ausgeprägt.

2.2.2 Bildauswertung

Die analogen Videobilder von der Kamera (Format in Europa: PAL) werden digitalisiert und in für die Auswertung geeignete Formate (z.B. CIF) gewandelt. Die Bildauswertung erfolgt dann mittels mathematischen Algorithmen, die spezifisch auf die zu detektierenden Daten optimiert sind. Die Entwicklung solcher Algorithmen ist die Kernkompetenz von führenden BAS-Herstellern.

Mehrheitlich basieren die Algorithmen auf dem Erkennen von Kontrastschwankungen. Dabei wird in einer Lernphase des Algorithmus aus dem Hintergrundbild ein Referenzbild errechnet. Objekte werden im Differenzbild mittels Kontrastschwankungen erkannt. Andere Algorithmen basieren auf dem Erkennen von Kanten im Referenzbild. Werden die Kanten unscharf, kann zum Beispiel Rauch erkannt werden.

Für das Erkennen von bewegten Objekten werden hauptsächlich zwei Verfahren angewandt:

- Tracking-Technik: Im Bild werden Objekte identifiziert und über mehrere Bilder verfolgt („getrackt“).
- Virtuelle Sensorlinien: Es werden virtuelle Sensorlinien im Bildbereich definiert. Der Algorithmus erkennt Objekte, welche diese virtuelle Sensorlinie durchlaufen.

Die kontinuierliche Weiterentwicklung der Algorithmen und die stetig steigende Rechenleistung haben einen positiven Einfluss auf die Zuverlässigkeit von BAS. Je mehr pro Zeit und Recheneinheit gerechnet werden kann, umso zuverlässiger und umfangreicher können Bilder ausgewertet werden.

2.2.3 Bildspeicher

Der Bildspeicher dient für die Aufnahme von Videobildern im Ereignisfall. In der Regel werden Ringspeicher eingesetzt. Das heisst, alte Daten werden nach einer gewissen Umlaufzeit wieder überschrieben. Gemäss Datenschutzbestimmungen [11] darf diese Zeit 24 Stunden nicht überschreiten.

Die Anforderungen an die Archivierung von Videobildern werden durch verschiedene Richtlinien und Normen spezifiziert. Der Richtlinienentwurf VTV vom ASTRA definiert folgende Anforderungen für die Archivierung im Ereignisfall:

- alle relevanten Kamerabilder werden archiviert
- 10 Min. Vorlauf verfügbar
- 1 Bild pro Sekunde vor Ereignisfall
- PAL-Qualität während 20 Min. nach Ereignisfall

Diese Anforderungen dienen insbesondere der Ereignisdokumentation für die Untersuchungsbehörden.

Für die Bildauswertung dienen die archivierten Bilder als Referenz für die Beurteilung der Detektionszuverlässigkeit und –sicherheit. Diesbezügliche Anforderungen sind in den heutigen Normen und Richtlinien zu wenig berücksichtigt und sind daher in der zu erarbeitenden Norm zu regeln.

2.2.4 Kommunikationsnetz, Bildübertragung, Meldeschnittstelle

Die Übertragung in einer VTV-Anlage hat die Aufgabe, die Bilder vom Encoder der Kamera BWZ vom Bildspeicher zur Leitzentrale zu übermitteln. Zudem werden die Daten der detektierten Ereignisse zum VMS übertragen. Bei der Übertragung können folgende Punkte von Bedeutung sein:

- Bildqualität und Komprimierfaktor
- hohe Verfügbarkeit
- Schutz vor Zugriff Dritter
- Authentifizierung der Daten

2.2.5 Leitebene mit Bedienoberfläche

Die Bedienoberfläche dient als Schnittstelle zwischen dem VTV-System und dem Bedienpersonal in der Leitzentrale. Die automatische Ereignisdetektion hat dabei die Bedienoberfläche gewandelt. Bei Systemen ohne automatische Ereignisdetektion, muss für

jede Kamera ein Monitor installiert werden. Das Bedienpersonal hat dabei die Aufgabe, alle Bilder auf ausserordentliche Ereignisse zu überprüfen. Durch die automatische Bildauswertung können im Ereignisfall die vordefinierten Kamerabilder auf einer Monitorwand aufgeschaltet und die entsprechenden Alarmmeldungen angezeigt werden. Die Aufschaltung wird dabei normalerweise von dem Video-Management-System (VMS) kontrolliert. Bei VTV-anlagen mit Ereignisdetektion ist nicht für jede Kamera ein Monitor zu installieren. Es reichen drei Monitore (Ereignis und Kamera vor- und nachher zur Beurteilung der Situation).

3 Relevante Normierung und Forschung

3.1 Einleitung

Der Stand der Normierung und Forschung wurde durch eine gezielte Literatur- und Internetanalyse bezüglich Videoüberwachung im Strassenverkehr aufgenommen. Da diese Forschungsarbeit auf den beiden Normen SN 671 971 und SN 671 972 ([1], [2]) aufbauen soll, wurden in einem ersten Schritt diese Normen sowie die ihnen zu Grunde liegenden Forschungsarbeiten und die angegebenen Literaturquellen auf relevante Aspekte untersucht. Zudem war ein wichtiger Bestandteil dieser Analyse die Forschungsarbeit „Brand- und Störfalldetektion in Strassentunneln – vergleichende Untersuchungen“ [15] und die dort vorhandenen Literaturquellen. Durch die gezielte Internetanalyse konnten zusätzlich verschiedene Normen und Forschungsarbeiten untersucht werden. Die wichtigsten Ergebnisse werden im Folgenden festgehalten.

3.2 Nationale Forschung und Normierung

Dieser Abschnitt geht im Detail auf die Normen SN 671 971 und SN 671 972 und den Richtlinienentwurf VTV vom Bundesamt für Strassen [7] ein. Weiter werden für diese Arbeit relevante Aspekte aus der Norm SN 671 972 zu Grunde liegenden Forschungsarbeit aufgezeigt. Die Grundlagennorm Strassenverkehrstelematik SN 640 871 [3] und die Norm „Leistungsfähigkeit, Verkehrsqualität, Belastbarkeit“ SN 640 018, [5] wurden im Rahmen der Forschungsarbeit berücksichtigt und werden deshalb nicht weiter untersucht.

Ferner wurden die Normen SN 505 197/2 für die Projektierung von Strassentunneln und SN 640 754 für die Strassenzustandserfassung auf relevante Aspekte untersucht. Die erstere Norm fordert, dass Tunnels mit einer Länge von mehr als 600 m mit einer VTV-Anlage ausgerüstet werden sollen. Für weitere Angaben wird auf den erwähnten Richtlinienentwurf verwiesen. Daher wird auf diese Norm im Folgenden nicht detaillierter eingegangen. Die letztere Norm empfiehlt verschiedene Techniken für die Erfassung des Strassenzustandes. Unter anderem wird die Videobildauswertung erwähnt. Inwiefern für die Erfassung der Umwelteinflüsse ähnliche Techniken benutzt werden können, wird in der vorliegenden Arbeit unter Einbezug der Erfahrung von BAS-Anbietern später untersucht und nicht in diesem Abschnitt behandelt.

Die Forschungsaktivität in der Schweiz im Bereich der Bildverarbeitung zum Zweck der Verkehrsüberwachung, ist nach Einschätzung der Verfasser aufgrund der Literaturanalyse klein. Daher wird darauf nicht weiter eingegangen. Es ist jedoch zu erwähnen, dass das Institut für Signalverarbeitung der ETH Lausanne im Rahmen des europäischen Projektes MODEST (Multimedia Object Descriptors Extraction from Surveillance Tapes) in diesem Bereich mitgeforscht hat [17]. Im Rahmen dieser Arbeit wurde ein Kodierungsverfahren, basierend auf MPEG-7 für die Beschreibung von Verkehrsbildern erarbeitet (siehe Abschnitt 3.3.3).

3.2.1 SN 671 971

Die Norm SN 671 971 (Automatische Kontrollanlagen mit digitaler Bildtechnik im Strassenverkehr) [1] definiert zu Referenzzwecken eine allgemeingültige Systemarchitektur für Kontrollanlagen im Verkehr, die automatisch Widerhandlungen gegen rechtliche Vorschriften feststellen und protokollieren. Dabei werden in dieser Norm die Anforderungen der Teilfunktion Dokumentation definiert. Die Spezifikation der technischen Anforderungen ist in der Verantwortung des METAS, welches auch für die Homologierung solcher Anlagen zuständig ist.

Die Dokumentation muss rechtlichen Grundlagen genügen und rechtlicher Begutachtung standhalten. Das heisst konkret:

- Zugriffsschutz: nur berechtigte Personen dürfen Zugang haben
- Übertragungskanal:
 - geschützt -> keine Verschlüsselung
 - ungeschützt -> Verschlüsselung
- Nachbearbeitung: Originaldaten dürfen nicht geändert werden, Kopien sind zu verwenden
- Aufbewahrung: Zugriff jederzeit möglich, Integrität und Authentizität nachweisbar
- Anforderung Bildqualität: ausreichend, zweifelsfreie Erkennung des Bildinhaltes (z. B. Kontrollschild und Fahrer)

Für die vorliegende Arbeit sind diese Anforderungen nicht von Relevanz. Daher wird nicht weiter auf die Norm SN 671 971 und ebenfalls nicht auf die zu Grunde liegende Forschungsarbeit [19] eingegangen.

3.2.2 SN 671 972

Die Norm SN 671 972 „Automatische Verkehrszustandserfassung im Strassenverkehr mit digitaler Bildtechnik“ definiert die grundsätzlichen Anforderungen an ein BAS. Es ist unter anderem eine Selbstdiagnose gefordert, welche die Gültigkeit der erfassten Daten mittels geeigneter Algorithmen, welche verschiedene Umwelteinflüsse berücksichtigen, sicherstellt. Die Art von Umwelteinflüssen wird dabei offen gelassen. Weiter werden Anforderungen an den Beobachtungsraum für die verschiedenen Datentypen, an die Archivierung und an den Betrieb und Unterhalt von BAS definiert.

Relevant für die vorliegende Arbeit ist die Definition der verschiedenen Datentypen für die Verkehrszustandserfassung. Dabei wird zwischen den Hauptgruppen Verkehrsdaten und Ereignissen unterschieden. Die nachfolgende Tabelle 1 aus der Norm ist eine Einschätzung der Eignung von BAS in Abhängigkeit des Datentyps, Einsatzortes und des Verwendungszweckes der Erfassung. Die videobasierte Verkehrszustandserfassung wird grundsätzlich als geeignet eingeschätzt. Die Verwendung der erfassten Verkehrsdaten für die Verkehrsstatistik wird jedoch nicht empfohlen. Weiter wird die Detektion von Brandereignissen in der freien Zone und im Portalbereich von Tunneln als bedingt geeignet eingestuft. Dies aufgrund von wahrscheinlichen, für die Detektion ungünstigen Wettereinflüssen in diesen Zonen.

Nr.	Datentyp	Tunnelzone					Portalzone					Freie Zone				
		A) Überwachung, (B) Management halbautomatisch, (C) Management vollautomatisch, (D) Prognose, (E) Statistik														
		A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
Verkehrsdaten: (++) geeignet, (+) bedingt geeignet, (-) wenig geeignet, (/) nicht relevant																
1	Verkehrsstärke	++	++	++	++	-	++	++	++	++	-	++	++	++	++	-
2	Geschwindigkeit	++	++	++	++	-	++	++	++	++	-	++	++	++	++	-
3	Verkehrsdichte	++	++	++	++	-	++	++	++	++	-	++	++	++	++	-
4	Reisezeit	++	++	++	++	-	++	++	++	++	-	++	++	++	++	-
5	PW/LW	++	++	++	++	-	++	++	++	++	-	++	++	++	++	-
6	Fahrzeugkategorien	/	/	/	/	-	/	/	/	/	-	/	/	/	/	-
Ereignisse: (++) geeignet, (+) bedingt geeignet, (-) wenig geeignet, (/) nicht relevant																
7	Stehendes Fz	++	++	++	/	/	++	++	++	/	/	+	+	+	/	/
8	Stau	++	++	++	/	/	++	++	++	/	/	++	++	++	/	/
9	Falschfahrer	++	++	++	/	/	++	++	++	/	/	++	++	++	/	/
10	Gegenstand	++	++	++	/	/	++	++	++	/	/	+	+	+	/	/
11	Nischenbelegung	++	++	++	/	/	++	++	++	/	/	/	/	/	/	/
12	Standstreifenbeleg.	++	++	++	/	/	++	++	++	/	/	++	++	++	/	/
13	Brand	++	++	++	/	/	+	+	+	/	/	-	-	-	/	/

Tabelle 1 Eignung der Einsatzmöglichkeiten des BAS gemäss SN 671 972

Die Vorgabe der Datentypen ist zweckmässig und kann daher für diese Arbeit übernommen werden. Ob die Datentypen ggf. erweitert werden müssen, ist im Rahmen von Gesprächen mit Anbietern und Betreibern von BAS zu klären.

Für die Qualitätsanforderungen an die Bildauswertung bezüglich der Erfassung der verschiedenen Datentypen wird auf die zu erarbeitende Norm SN 671 973 verwiesen, was Auslöser für die vorliegende Forschungsarbeit war.

3.2.3 Forschungsauftrag VSS1999/265

Die Forschungsarbeit VSS 1999/265 „Systeme für die automatische Verkehrsüberwachung (Monitoring) mit digitaler Bildverarbeitung“ [20] diente als Grundlage für die im vorgängigen Abschnitt diskutierte Norm. Die Arbeit definiert neben den schon beschriebenen Datentypen und grundsätzlichen Anforderungen Qualitätsklassen, die für diese Arbeit als Vorgabe dienen sollen. Es wird zwischen drei Qualitätsklassen unterschieden:

- 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 und Zuverlässigkeit sowie 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.

Dabei erfüllt ein BAS der Klasse III die Anforderungen der Klasse II unter günstigen Umwelteinflüssen. Ungünstige Umwelteinflüsse müssen dabei automatisch erkannt werden. Während dieser Phase erfasste Daten müssen entsprechend markiert, archiviert und an die übergeordnete Leitebene kommuniziert werden.

Nachfolgend die definierte Zuordnung der einzelnen Datentypen zu den drei Qualitätsklassen. Mit Farbe ist die Eignung von BAS gemäss Tabelle 1 zusätzlich hervorgehoben.

Nr.	Datentyp	Tunnelzone					Portalzone					Freie Zone				
		A) Überwachung, (B) Management halbautomatisch, (C) Management vollautomatisch, (D) Prognose, (E) Statistik														
		A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
Verkehrsdaten: (/) nicht relevant																
1	Verkehrsstärke	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	Verkehrsdichte	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/LW	II	II	I	I	I	III	III	I	I	I	III	III	I	I	I
6	Fahrzeugkategorien	/	/	/	/	I	/	/	/	/	I	/	/	/	/	I
Ereignisse: (++) geeignet, (+) bedingt geeignet, (-) wenig geeignet, (/) nicht relevant																
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	Nischenbelegung	II	II	I	/	/	III	III	I	/	/	/	/	/	/	/
12	Standstreifenbelegung.	II	II	I	/	/	III	III	I	/	/	III	III	I	/	/
13	Brand	II	II	II	/	/	III	III	II	/	/	III	III	II	/	/

Tabelle 2: Zuordnung Qualitätsklassen gemäss [2] (BAS geeignet: grün bzw. hellgrau; BAS bedingt geeignet: gelb; BAS wenig geeignet: rot bzw. dunkelgrau)

Einerseits ist für statistische Verkehrsdatenerfassung Qualitätsklasse I gefordert, aber andererseits eignet sich ein BAS für diesen Verwendungszweck nicht. Offensichtlich wird die statistische Verkehrserfassung mittels Bildauswertung als nicht zweckmässig beurteilt, da die Fehlerquote zu hoch ist.

Die Forschungsarbeit definiert auch die Erfassungsgenauigkeit und die Zuverlässigkeit für die Qualitätsklassen I und II. Die Werte für Klasse II gelten dabei auch für Systeme der Klasse III, aber nur unter normalen Umweltbedingungen. Die in der Arbeit angegebenen Werte für Verkehrsdaten beziehen sich ausschliesslich auf Angaben der Technischen Lieferbedingungen für Streckenstationen (TLS) vom Bundesministerium für Verkehr in Deutschland [21]. Gemäss unserer Kenntnis existiert zurzeit keine entsprechende Schweizerische Norm. Die Werte für die Ereignisdaten wurden von den Autoren aus Gesprächen mit verschiedenen Unternehmern abgeleitet. Prüfkriterien wurden nicht behandelt.

Die TLS ist auch für diese Arbeit relevant. Es wird daher im Abschnitt 3.3.1 detaillierter auf diese Richtlinie eingegangen. Die Werte für die Erfassungsgenauigkeit von Ereignissen müssen im Rahmen der vorliegenden Arbeit genauer untersucht werden.

3.2.4 Richtlinienentwurf VTV vom Bundesamt für Strassen

Der Richtlinienentwurf VTV vom Bundesamt für Strassen [7] definiert Anforderungen an verschiedene Elemente einer VTV-Anlage. Die Bilderfassung wird in Kamera, Objektive, Kameragehäuse und Kamera-Befestigung unterteilt. Für die einzelnen Komponenten werden Vorgaben definiert. Zudem werden Anforderungen an die Signalübertragung, den Bildspeicher, die Schnittstelle zur Leitebene und an die Bedienung und den Betrieb spezifiziert. Diese stimmen grundsätzlich mit den Vorgaben der SN 671 972 überein.

Bezüglich Ereignisdetektion wird eine Funktionstüchtigkeit von 99 % gefordert. Die genaue Definition, was unter dem Begriff Funktionstüchtigkeit zu verstehen ist, fehlt. Für einen günstigen Kontrast werden reflektierende Wände empfohlen. Reflexionen können aber auch Ursache für eine erhöhte Fehlerrate sein. Diese Empfehlung ist daher nur bedingt anzuwenden.

3.3 Internationale Forschung und Normierung

Dieser Abschnitt untersucht einerseits den Stand der Forschung und Normierung in Deutschland und Österreich auf der Grundlage der Forschungsarbeit „Brand- und Störfalldetektion in Strassentunneln – Vergleichende Untersuchungen“ und der darin enthaltenen Literaturquellen. Die ersten zwei Abschnitte gehen detaillierter auf den Befund dieser Analyse ein. Andererseits wurden verschiedene Regelwerke von europäischen und internationalen Normorganisationen mittels einer Internetanalyse untersucht. Massgebliche Befunde werden in den weiteren Abschnitten dokumentiert. In den Normwerken von CEN (Comité Européen de Normalisation, [29]) und IEC (International Electrotechnical Commission) wurden jedoch keine für diese Arbeit massgeblichen Normen gefunden.

3.3.1 Deutschland

Forschung im Gebiet der Videoüberwachung im Strassenverkehr wird auch in Deutschland vorangetrieben. Die Forschungsarbeit „Brand- und Störfalldetektion in Strassentunneln – Vergleichende Untersuchungen“ von Prof. Dr. Ing. Alfred Haack von der Studiengesellschaft für unterirdische Verkehrsanlagen in Zusammenarbeit mit dem Institut für Strassenwesen von der Technischen Hochschule Aachen [15], wird als sehr relevant für die vorliegende Arbeit eingeschätzt. In dieser Arbeit wurden verschiedene Verkehrsüberwachungssysteme getestet und verglichen. Die Beurteilung erfolgte mittels Einsatz von Normvideos. Dabei wurden den Lieferanten vorgängig Referenzvideos für die Kalibrierung ihrer Systeme zur Verfügung gestellt. Diese Referenzvideos sind Aufnahmen ohne Ereignisse. Nach der Parametrierung wurden die Systeme mit entsprechenden Videosequenzen mit Ereignissen geprüft. Diese Vorgehensweise stellt sicher, dass das BAS nicht speziell für die im Normvideo gestellten Ereignisse optimiert wird und die Prüfung sinnlos

wird. Weiter werden verschiedene Algorithmen für das Erkennen von Stau und Staubil- dung beschrieben. Für diese Arbeit relevante Resultate bezüglich Datenerfassung und Ereignisdetektion fehlen jedoch. Als zusätzlicher Schwerpunkt dokumentiert die For- schungsarbeit mehrere Brandversuche. Dabei wurden verschiedene Branddetektoren in Testtunnels installiert und auf die Detektionsschnelligkeit verglichen. Für die Tests wurde die Prüfmethode aus der „Richtlinie für die Ausstattung und den Betrieb von Strassentun- neln“ (RABT, [14]) benutzt. Die RABT fordert eine Detektionsschnelligkeit von einer Minu- te bei einer Brandlast von 5 MW und einer Luftlängsgeschwindigkeit von 6 m/s. Für eine realistische Einschätzung der Detektionsgeschwindigkeit mittels videobasierter Rauchde- tektion wurde in den Versuchen zusätzlich Rauch freigesetzt. Dabei probierte man, die Rauchentwicklung eines PW-Brandes möglichst getreu nachzubilden. Die Resultate zei- gen, dass die Videodetektion die Anforderungen gemäss RABT erfüllt.

Als Hauptergebnis präsentiert die Forschungsarbeit provisorische Empfehlungen für den Einsatz von Videosensorsystemen. Diese beinhalten Anforderungen an Systemkompo- nenten und Grundlagen für die Planung wie die Anordnung von Kameras. Diese Grund- lagen werden zum Teil in die vorliegende Arbeit ggf. verfeinert einfließen. Auf eine aus- führlichere Beschreibung dieser Ergebnisse wird an dieser Stelle aber verzichtet.

Neben der erwähnten Richtlinie RABT sind die „Technischen Lieferbedingungen für Stre- ckenstationen“ (TLS) für diese Arbeit von Bedeutung. Die TLS definiert Prüfmethode für die Erfassung von Verkehrsdaten. Die Richtlinie ist für Erfassungsgeräte, basierend auf Induktionsschleifen ausgelegt, kann aber auch auf solche, basierend auf anderen Tech- niken wie Videosensoren, angewandt werden. Die Richtlinie geht detailliert auf die Quali- tätsbegriffe „abgesicherte Daten“ und Konvidenzintervall ein. Verlässliche Angaben be- züglich Detektions-Zuverlässigkeit und –Sicherheit eines BAS können nur mit abgesi- cherten Daten gemacht werden. Daher ist diese Richtlinie bezüglich der Erfassung von Verkehrsdaten grundlegend. In Bezug auf die Detektion von Ereignissen macht die TLS keine Angaben.

3.3.2 Österreich

Die ASFiNAG (Autobahnen und Schnellstrassen-Finanzierungs-Aktiengesellschaft) hat Planungsvorgaben und Technische Spezifikationen für videobasierende Detektions- systeme publiziert [13]. Wo sinnvoll, lehnt sich die Richtlinie an die TLS. Einerseits defi- niert die Richtlinie die Eigenschaften von Datentypen sowie deren Anforderungen. Dabei werden beide Datentypgruppen (Verkehrsdaten, Ereignisse) berücksichtigt. Andererseits werden Prüfkriterien für die verschiedenen Datentypen im Detail beschrieben. Diese An- gaben sind für die vorliegende Arbeit relevant und können berücksichtigt werden.

Die Richtlinie RVS 9.282 [12] definiert die Anforderungen an Betriebs- und Sicherheits- einrichtungen von Tunneln. Die Richtlinie geht detailliert auf die Aspekte der Videoüber- wachung ein. Es werden Mindestanforderungen für alle Komponenten einer VTV-Anlage formuliert. Bei der Berücksichtigung einer Videobildauswertung wird die Überprüfung ver- langt, ob dadurch andere Erfassungsgeräte wie Zählschleifen ersetzt werden können. Die Verfasser dieser Richtlinie sehen den Einsatz von BAS für die Verkehrszählung als Mög- lichkeit an.

Die Analyse von verschiedenen Literaturquellen hat aufgezeigt, wie aktiv verschiedene österreichische Universitäten bei der Forschung im Gebiet der Bildverarbeitung für die Überwachung des Strassenverkehrs sind. Dabei sind die Artikel bezüglich intelligenter Kameras aufschlussreich [23]. In herkömmlichen Videoüberwachungs-Systemen ist die Bildauswertung ausserhalb der Kamera. Eine intelligente Kamera integriert neben dem Objektiv und dem Sensor auch die Bildauswertung und die Kodierung. Diese Art von Kamera erlaubt neue VTV-Systemkonzepte.

Der wissenschaftliche Artikel „Autonomous Multicamera Tracking on Embedded Smart Cameras“ [24] berichtet über ein realisiertes Multikamera-System mit intelligenten Kame- ras. Diese werden miteinander verknüpft, so dass Ereignisse gegenseitig kommuniziert werden können. Dies erlaubt eine einfache Implementierung einer Plausibilitätsprüfung,

ohne dass eine zusätzliche Kontrollebene eingeführt werden muss. Das ist ein Hardwarekonzept, welches neben dem hierarchischen Lösungsansatz möglich ist.

3.3.3 Europa

Im Auftrag der EU wurde die Richtlinie 2004/54/EG [25] „Mindestanforderungen an die Sicherheit von Tunneln im transeuropäischen Strassennetz“ erarbeitet. Die Norm ist dabei sehr umfassend und gibt in allen wichtigen Themen bezüglich Tunnelsicherheit grobe Vorgaben. Videoüberwachung und das automatische Erkennen von Verkehrsstörungen werden bei Tunneln gefordert, welche über eine Leitstelle verfügen. Detaillierter wird auf das Thema Videoüberwachung jedoch nicht eingegangen. Diesbezüglich umfangreichere EU-Normen oder EU-Richtlinien wurden nicht identifiziert.

Das Buch „Multimedia video-based surveillance systems: requirements, issues and solutions“ [10] fasst die internationale Forschungsaktivität im Gebiet der Videoüberwachung bis zum Jahr 2000 zusammen. Wesentlich für unsere Arbeit ist die Erkenntnis, dass die Forschung Algorithmen hervorgebracht hat, die gezielt Blooming-, Smearing-Effekte, Schattenwurf und Reflexionen erkennen und filtern können. Im Rahmen der Gespräche mit den Anbietern von BAS wird abgeklärt, ob diese Algorithmen weiterentwickelt und in den heute erhältlichen Systemen eingebaut sind, um deren Robustheit gegenüber den erwähnten Effekten zu erhöhen. Aufgrund der stets wachsenden Nachfrage für Videotechnologie ist anzunehmen, dass der Wissenstransfer zwischen Forschung und Industrie bestens funktioniert. Diese Annahme ist durch das folgende Beispiel unterstrichen. Das europäische Projekt MODEST (Multimedia object descriptors extraction from surveillance tapes) [18] wurde im Rahmen des ACTS Programms durch den Forschungs- & Entwicklungsinformationsdienst der Gemeinschaft (CORDIS) unterstützt. Das Projekt hatte die Zielsetzung, Kodieralgorithmen im Gebiet der Bildübertragung und –interpretation für Videoüberwachung zu entwickeln. Diese Forschung erfolgte im Kontext der MPEG4- und MPEG7-Normierung. Das Projekt wurde vorerst im Forschungszentrum MULTITEL weitergeführt und schliesslich in der „Spin-Off“ Firma ACIC kommerzialisiert. ACIC bietet nun intelligente Bildauswertungssysteme an, welche in Belgien und Frankreich zum Einsatz kommen. In der Schweiz ist ACIC nicht präsent.

Ferner hat unsere Internetanalyse ergeben, dass es laufende und abgeschlossene europäische Projekte [31] gibt, die von führenden BAS-Anbietern koordiniert werden resp. wurden. Dies unterstreicht ebenfalls die rege Zusammenarbeit von Universitäten und BAS-Herstellern.

3.3.4 Vereinigte Staaten

In den Vereinigten Staaten ist die Forschungsaktivität bezüglich Bildverarbeitung ebenfalls gross. Die Projekte werden vor allem durch die Organisation DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) gefördert und sind daher meist militärisch motiviert. Das VSAM- (Video Surveillance and Monitoring) Programm von DARPA hatte das Ziel, Algorithmen für die automatische Videoüberwachung von Küstengebieten und sicherheitsrelevanten Bauten wie zum Beispiel Ö raffinerien und Flughäfen zu entwickeln. Forschungsergebnisse sind unter anderem im Artikel [26] publiziert. Für den Einsatz der Videoüberwachung im Freien werden die Kombination von Wärmebildkameras und sogenannten Integrated Day and Night- (IDN) Kameras empfohlen. Die IDN-Kamera ist eine Infrarot-Kamera, die nur zusammen mit einem Infrarot-Strahler eingesetzt werden kann.

Die Kombination von Wärmebildkamera und IDN-Kamera erlaubt eine zuverlässige Überwachung und Detektion auch bei starkem Nebel und Schneefall. Aus Kostengründen schätzen wir diese Technik jedoch als wenig geeignet für die Überwachung des Strassenverkehrs ein.

Die Richtlinie „Traffic Monitoring Guide“ [27] vom U.S. Department of Transportation definiert Qualitätsanforderungen an Verkehrsdatenerfassungsanlagen. Dabei wird auf die erforderliche Kalibrierung und Qualitätskontrolle der Datenerfassung hingewiesen. Auf die Kalibrierungsmethode wird nicht im Detail eingegangen. Die Kernaussage ist, dass für die Verkehrsdatenerfassung entsprechende Referenzsysteme für die Kalibrierung installiert werden müssen.

3.4 Fazit

Die Literatur- und Internetanalyse hat gezeigt, dass es zwar einige Richtlinien und Normen für die Videoüberwachung und Verkehrsdatenerfassung gibt. Eine konkrete Definition von Qualitätsanforderungen und Test- und Abnahmekriterien ist durch die Planungsvorgaben und Technische Spezifikationen für videobasierende Detektionssysteme von ASFINAG und die TLS gegeben.

Die Definition der Datentypen und deren Einteilung in die Hauptgruppen Verkehrsdaten und Ereignisse sind zweckmässig und können für die vorliegende Arbeit von der Norm VSS SN 671 972 übernommen werden. Ferner können Resultate der dieser Norm zu Grunde liegenden Forschungsarbeit übernommen werden. Die Einteilung in die zwei Hauptqualitätsklassen wird als zweckmässig eingeschätzt. Die Umwelteinflüsse, die zu berücksichtigen sind, müssen im Folgenden noch feiner definiert werden.

4 Auswertung Gespräche Unternehmer und Betreiber

4.1 Einleitung

Ein wichtiger Bestandteil ist eine Ist- und Soll-Analyse bei Lieferanten und Betreibern von Verkehrsüberwachungsanlagen, basierend auf der Auswertung von Videobildern. Dazu wurde je ein Fragebogen für die Unternehmer und Betreiber erarbeitet und verteilt. Es konnten sechs für die Schweiz relevante Lieferanten und drei Betreiber für die Analyse gewonnen werden. Dieses Kapitel dokumentiert die Resultate der Umfragen.

4.2 Ist-/Sollanalyse Datentypen

4.2.1 Erweiterung der Datentypen

Die in der Grundlagennorm SN 671 972 definierten Datentypen wurden im Kapitel 3.2 behandelt. In einem ersten Schritt wurde abgeklärt, ob diese Definition noch den aktuellen Anforderungen von Betreibern genügt. Sämtliche Unternehmer haben angegeben, dass die durch die Norm definierten Datentypen kundenseitig verlangt werden. Zusätzlich wurden noch die in der folgenden Grafik aufgeführten Datentypen von Unternehmern genannt.

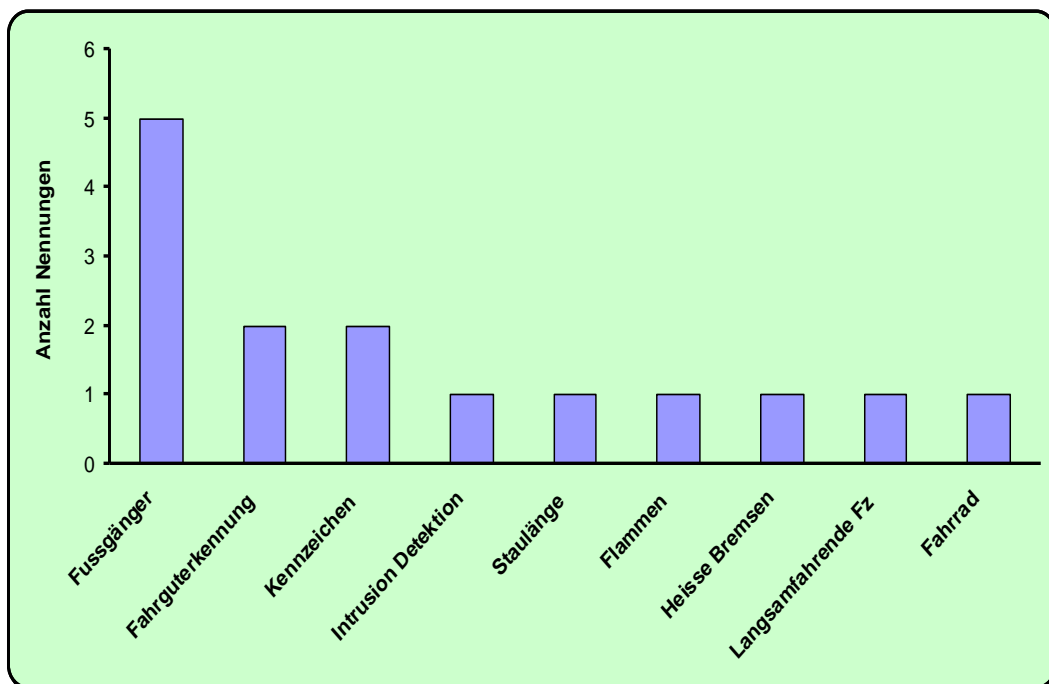


Abbildung 2 Zusätzliche Datentypen, welche gemäss Angaben von Unternehmern kundenseitig zusätzlich verlangt werden.

Es fällt auf, dass die meisten Unternehmer den Datentyp „Fussgänger“ genannt haben. Betreiber schätzen Fussgänger auf Autobahnen und in Autotunneln als ein erhöhtes Sicherheitsrisiko ein. Dem sollte ebenfalls Rechnung getragen werden, daher wird dieser Datentyp in die Definition aufgenommen. Dies gilt nicht für die anderen Nennungen, welche weniger relevant sind oder nur vereinzelt gemacht wurden.

4.2.2 Gewichtung

Es ist ein wichtiger Aspekt, die Datentypen zu gewichten. Die Frage lautet, soll die Norm einen Datentypen zwingend oder als Empfehlung fordern. Zu diesem Zweck wurden die Betreiber um eine Einschätzung gefragt. Die Betreiber konnten die Datentypen in die Klassen „sehr wichtig“, „wichtig“ und „nützlich“ einordnen. Die Abbildung 3 zeigt die Einschätzung aller drei befragten Betreiber. Die Grafik zeigt dabei die Aufsummierung der Gewichtungen: „sehr wichtig“=1, „wichtig“=0, „nützlich“=-1.

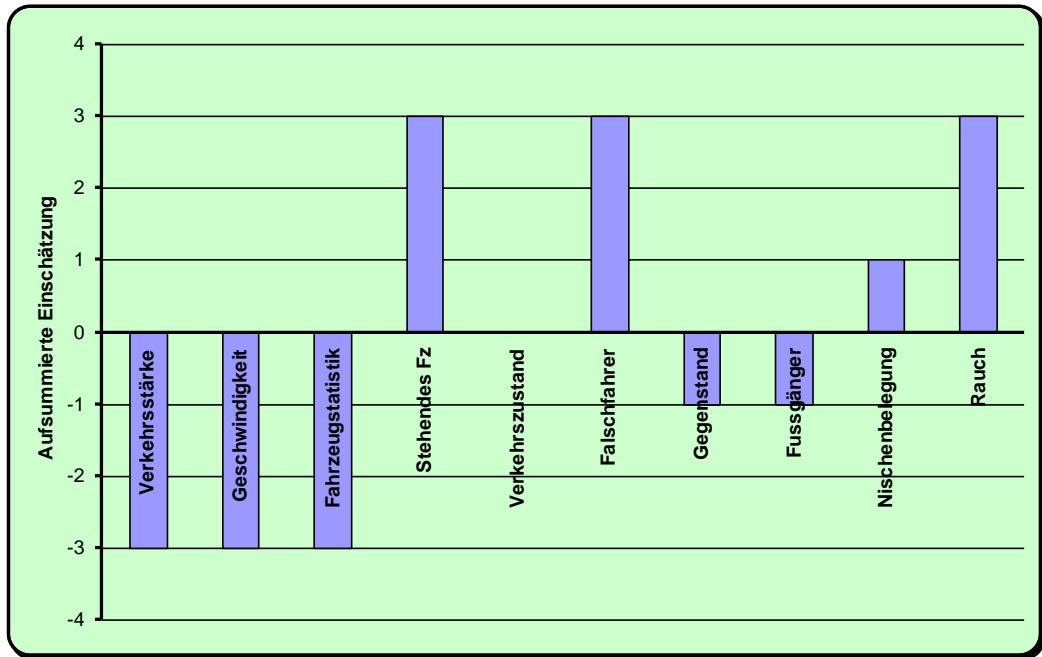


Abbildung 3 Gewichtung der verschiedenen Datentypen

Gemäss Einschätzung der Betreiber werden Verkehrsdaten (Verkehrsstärke, Geschwindigkeit, Fz steht) als nützlich aber nicht als wichtig eingeschätzt. Die meisten Betreiber haben sich dahingehend geäussert, dass für die Erfassung der Verkehrsdaten Induktions-Schleifen zum Einsatz kommen. Man sieht keinen Bedarf, diese Daten mit Video zu erfassen. Weiter werden Ereignisse wie (Stau) Verkehrszustand, Gegenstand, Fussgänger, Nischenbelegung unterschiedlich zwischen „nützlich“ und „sehr wichtig“ eingeschätzt. Schliesslich werden von sämtlichen Betreibern die Ereignisse „stehendes Fz“, „Falschfahrer“ und „Rauch“ als sehr wichtig eingeschätzt.

4.3 Ursache der Falschalarme

In einem weiteren Aspekt wurde ergründet, welche Ursachen zu Falschalarmen führen. Es sind folgende Ursachen allgemein bekannt:

- Blooming / Smearing
- Schattenwurf
- Reflexionen aufgrund Wasserlachen auf Fahrbahn, Spiegelungen an Tunnelwand oder Fahrzeug
- Nebel, Schnee
- Verschmutzung
- ungünstiger Kamerastandort

Diese Ursachen wurden von allen Unternehmern bestätigt. Die folgende Grafik zeigt Nennungen, welche explizit von den Unternehmern gemacht wurden.

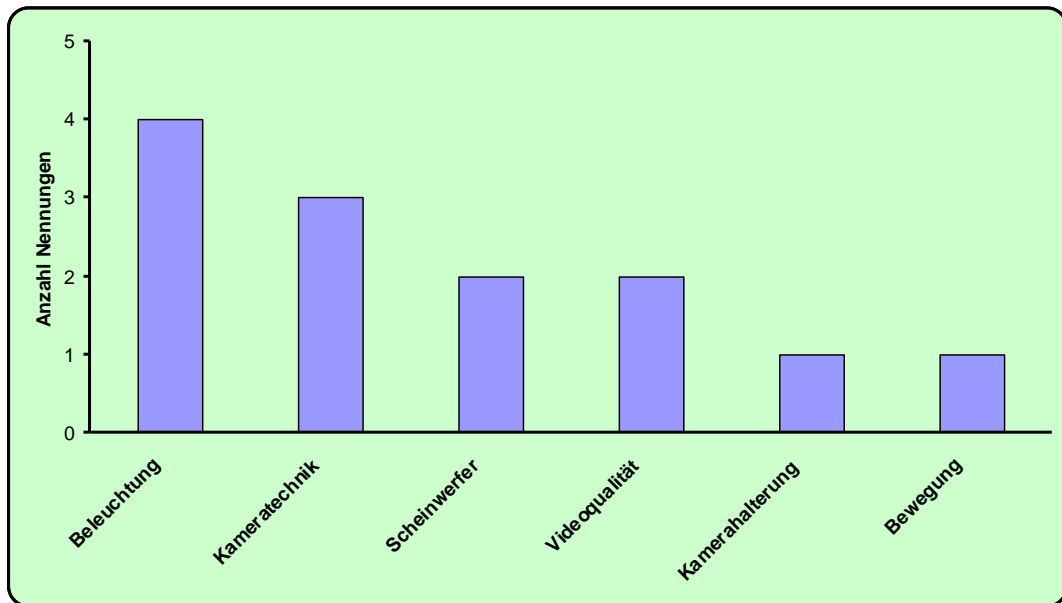


Abbildung 4 Von Unternehmern explizit genannte Ursachen für Falschalarme

Am häufigsten wurde die Beleuchtung als Ursache für Falschalarme genannt. Dies betrifft vor allem die Tunnelzone. Hier sind Umschaltungen zwischen Beleuchtungsstufen üblich, was zu sprunghafter Änderung des Bildkontrasts führt. Die Kameratechnik wurde auch mehrmals als Ursache für Falschalarme genannt. Kameras, welche den hohen Anforderungen genügen, sind schwer auf dem Markt erhältlich. Die Gründe sehen sämtliche Unternehmer bei den ökonomischen Überlegungen der Kamerahersteller. Der Kameramarkt im Tunnelbereich ist ein Nischenmarkt. Die Kamerahalterung und Bewegung wie zum Beispiel bei Kameras, welche an Brücken oder hohen Masten montiert sind, kann auch zu einer Erhöhung der Falschalarme führen. Die Kamerahalterung ist auch aus einem zweiten Grund Ursache für Falschalarme. Bei Tunnelreinigungen müssen Kameras demontiert werden. Werden diese nach der Reinigung wieder montiert, ist die Position je nach Halterung leicht verschoben. Die Parametrierung der Sensorflächen muss dann nachjustiert werden. Scheinwerferlicht ist ein Problem bei Gegenverkehr. Dabei ist vor allem bei nasser Fahrbahn das Problem wegen Reflexionen auf der Fahrbahn verschärft. Gemäss Angaben von mehreren Unternehmern ist die Fehlerursache Überbelichtung (Blooming/Smearing) immer noch präsent. Sie stellen aber auch fest, dass die Sensorenchips und die Algorithmen diesbezüglich immer robuster werden.

4.4 Verbesserung Zuverlässigkeit

In einem weiteren Aspekt wurde geklärt, welche Massnahmen auf Seiten der Unternehmer ergriffen werden oder geplant sind, um die Zuverlässigkeit ihrer Systeme zu verbessern. Weiter wurden die Betreiber gefragt, welche externen Einflüsse berücksichtigt werden sollten, um die Zuverlässigkeit zu erhöhen.

Gemäss Angaben von sämtlichen Unternehmern ist es üblich, eine Plausibilitätsprüfung mittels paralleler Berechnung verschiedener Algorithmen in der Bildauswertung zu implementieren. Die parallel gerechneten Resultate werden verglichen und mit vordefinierten Plausibilitätsregeln geprüft. Diese Art der Plausibilitätsprüfung ist Teil des Algorithmus und wird daher nicht weiter in dieser Arbeit behandelt.

Die Plausibilitätsprüfung im Sinne dieser Arbeit auf einer höheren Ebene mittels Verknüpfung der Auswertung von verschiedenen Kamerabildern ist nicht üblich, wurde aber teilweise schon implementiert. Sämtliche Unternehmer und Betreiber schätzen diese Art der

Plausibilitätsprüfung als positiv ein.

Die Berücksichtigung von Umwelteinflüssen wird ebenfalls als positiv eingeschätzt. Es wurde jedoch darauf hingewiesen, dass zwischen der umweltbedingten Verfügbarkeit des Systems und der Zuverlässigkeit der Ereigniserkennung unterschieden werden muss. Das heisst, bei ungünstigen Umwelteinflüssen kann man die Detektion deaktivieren oder man kann eine erhöhte Fehlerrate akzeptieren. In beiden Fällen ist die Qualität vermindert. Es wurde auch darauf hingewiesen, dass die Berücksichtigung von Umwelteinflüssen selbst eine zusätzliche Fehlerquelle sein kann. Man sollte also die Umwelteinflüsse mit Messsystemen messen, welche entsprechend genauer sind.

Umwelteinflüsse, welche berücksichtigt werden sollen und durch die Betreiber und Unternehmer genannt wurden, sind in der Abbildung 5 aufgelistet. Die Angaben korrespondieren naturgemäss teilweise mit den Ursachen für Falschalarme. Am meisten wurde der Sonnenstand genannt, welcher ein Mass für den Schattenwurf und die Überbelichtung bei flacher Sonneneinstrahlung sein kann. Weiter wurden auch Umwelteinflüsse wie Regen, Nebel und Schnee genannt, welche die Bildqualität vermindern und somit die Auswertung erschweren und die Fehlerrate erhöhen. Diese Einflüsse wie auch die Verschmutzung der Kamera (Spinnennetz, Staub auf Kameraglas) kann direkt durch die Bildqualität gemessen werden, was auch erwähnt wurde. Weitere Nennungen waren die Berücksichtigung der Kameraposition und Lichtänderung durch Wolken.

Mittels Übergabe von Informationen von anderen Systemen kann man die Anzahl Falschalarme ebenfalls minimieren. Da die Beleuchtung eine häufige Fehlerursache ist, wird vor allem die Kommunikation mit der Beleuchtungssteuerung als wichtig eingeschätzt. Ein Betreiber nannte auch die Verkehrssteuerung, da bei einer gesperrten Fahrbahnspur keine Auswertung mehr notwendig ist und dies dem BAS gemeldet werden sollte.

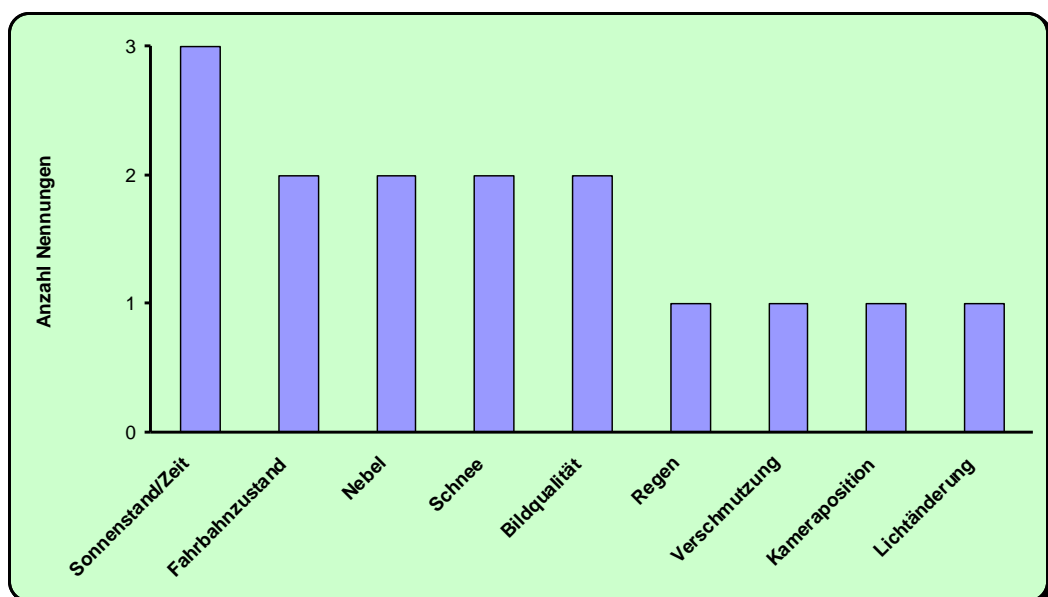


Abbildung 5 Von Betreibern genannte externen Einflüsse, welche in der Bildauswertung zur Verbesserung der Zuverlässigkeit berücksichtigt werden sollten.

4.5 Anforderungen Falschalarmrate

Die Betreiber und Unternehmer beurteilen die Anforderung an die Falschalarmrate auf unterschiedliche Weise. Unternehmer definieren meistens eine Falschalarmrate, das heisst Anzahl Falschalarme pro Kamera und Zeiteinheit. Eine realistische Rate ist in der Grössenordnung 0.2 Falschalarme pro Woche und Kamera. Es wird allgemein bemerkt, dass in Ausschreibungen zum Teil Falschalarmraten gefordert werden, welche beim heutigen Stand der Technik nicht realistisch sind. Zum Beispiel wurde in einer Ausschreibung

gefordert, dass das Ereignis Falschfahrer einmal pro 3 Jahre falsch detektiert werden darf.

Von Seiten Betreiber wurde bemerkt, dass ein vernünftiges Verhältnis zwischen Falsch- und Richtigalarmen wichtiger ist als die Definition einer Falschalarmrate. Die minimale Anforderung ist dabei, dass von 10 Meldungen mindestens 9 korrekt erkannt werden.

Ein interessanter Aspekt wurde durch einen Lieferanten angesprochen, welcher Systeme für das Verkehrsmanagement in europäischen Metropolen geliefert hat. Er bemerkte, dass bei grossen Anlagen eher die Anzahl der korrekten Meldungen das Problem ist und nicht die Anzahl Falschalarme. Hier ist ein intelligentes Management der Meldungen gefordert. Der Lieferant sieht vor allem in diesem Bereich Bedarf für neue Entwicklungen. Bezüglich der Schnelligkeit für das Erkennen von Ereignissen sehen Betreiber Zeiten im Bereich von 10 bis 15 Sekunden. Unternehmer empfehlen Zeiten von minimal 20 Sekunden, um eine genügend gute Zuverlässigkeit zu erreichen.

5 Analyse und Bewertung bestehender Anlagen

5.1 Einleitung

Es wurden Ereignisdaten, welche jeweils während dem Probebetrieb aufgezeichnet wurden, von drei bestehenden Anlagen analysiert. Das Hauptziel war zu prüfen, welche Verbesserung bezüglich Falschmeldungen bei Berücksichtigung von Umwelteinflüssen in die Auswertung der Bilddaten zu erwarten ist. Zwei der untersuchten Anlagen sind in der freien Zone und eine im Tunnel installiert.

Die Resultate zeigen auf, dass Falschalarme und Umwelteinflüsse stark korrelieren können. Die Berücksichtigung von diesen Einflüssen kann daher die Zuverlässigkeit der Bildauswertung verbessern.

5.2 Anlage 1 – freie Zone

Bei der ersten untersuchten Anlage handelt es sich um ein System, welches für die Überwachung der Autobahn in der freien Zone installiert wurde. Das System kann die Ereignisse Falschfahrer, stehendes Fahrzeug und Stau detektieren. Die analysierten Daten wurden während dem Probebetrieb zwischen Juni und August 2003 aufgenommen. An diesem Beispiel kann aufgezeigt werden, dass der Sonnenstand ein wichtiger Einfluss für die Zuverlässigkeit der Bildauswertung sein kann.

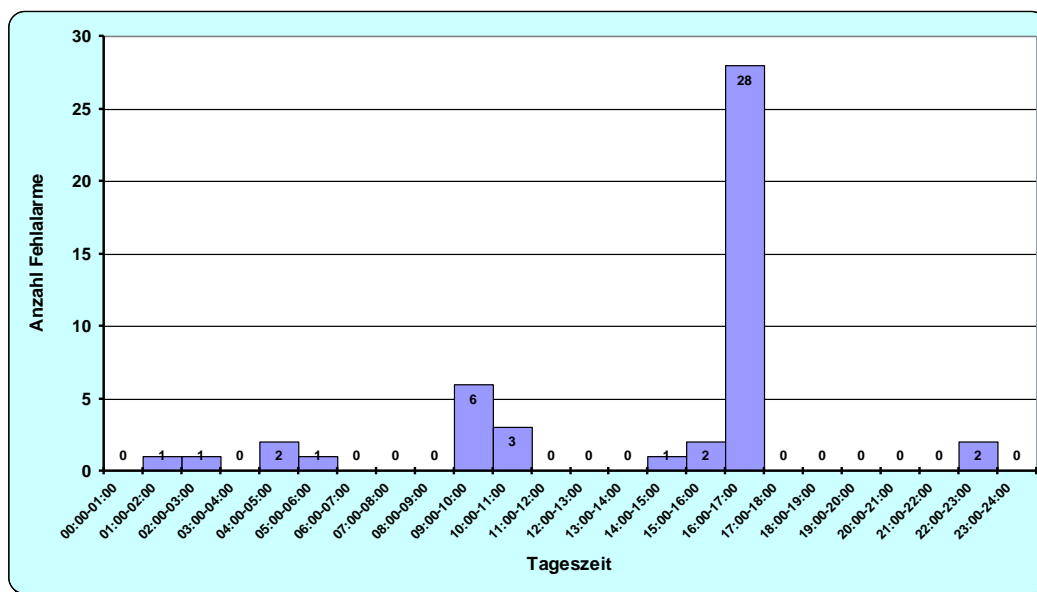


Abbildung 6 Anzahl Falschalarme in Funktion der Tageszeit

Die Grafik in Abbildung 6 zeigt die Anzahl Falschalarme in Abhängigkeit der Tageszeit. Die Falschalarme häufen sich stark zwischen 16:00 und 17:00 Uhr. Eine zweite Häufung, aber deutlich weniger ausgeprägt, ist zwischen 09:00 und 11:00 Uhr festzustellen.

Bei der Analyse der entsprechenden Bilder ist die Ursache dieser Falschalarme offensichtlich. Die folgende Abbildung zeigt zwei Bilder vor und nach dem detektierten Ereignis „stehendes Fahrzeug“. Die zwei Bilder zeigen, dass das Ereignis nicht korrekt erkannt wurde.



Abbildung 7 Bilder des nicht korrekt erkannten Ereignisses „stehendes Fahrzeug“. (links: vor dem Ereignis, rechts: nach dem Ereignis)

Offensichtlich produziert aber der Schattenschlag durch die Abend- und Morgensonne auf die Fahrbahn die Falschmeldungen. Die Berücksichtigung dieses Einflusses könnte die Zuverlässigkeit des Systems stark verbessern. Würden die 28 Falschalarme zwischen 16:00 und 17:00 Uhr unterdrückt, wäre die Anzahl Falschalarme mehr als halbiert.

5.3 Anlage 2 – freie Zone

Bei der zweiten Anlage handelt es sich um ein System, welches zum Zweck der Überwachung und des Verkehrsmanagements auf einer Autobahn installiert wurde. Das System kann wie im ersten Fallbeispiel die Ereignisse Falschfahrer, stehendes Fahrzeug und Stau detektieren. An diesem Beispiel kann aufgezeigt werden, dass der Fahrbahnzustand eine wichtige Einflussgrösse für die Zuverlässigkeit eines Videobild-Auswertesystems ist.

Bei den analysierten Daten war auffallend, dass viele Falschalarme aufgrund von Reflexionen auf der Fahrbahn generiert wurden. Sämtliche Reflexionen waren auf eine nasse Fahrbahn zurückzuführen. Ein Beispiel ist in Abbildung 7 gegeben.

Um diesen Punkt im Detail zu studieren, wurde der Fahrbahnzustand, basierend auf den zur Verfügung stehenden Bildern geschätzt. Der Fahrbahnzustand wurde dabei nach der Skala eines kommerziell erhältlichen Messsystems (siehe Anhang A) klassifiziert. Die Skala wurde gewählt, da sie den Fahrbahnzustand in vier Klassen (trocken, mässig feucht, feucht, nass) einteilt, was für diese Analyse zweckmässig ist. In einem zweiten Schritt wurde die Anzahl Falschalarme wegen Reflexionen in Abhängigkeit des Fahrbahnzustandes gezählt und wie in der Tabelle 3 aufgetragen. Wie vermutet, sind nur bei feuchter oder nasser Fahrbahn Falschalarme aufgrund von Reflexionen festzustellen. Berücksichtigt man also den Fahrbahnzustand in der Auswertung, können diese Falschalarme verhindert und die Zuverlässigkeit des Systems verbessert werden.

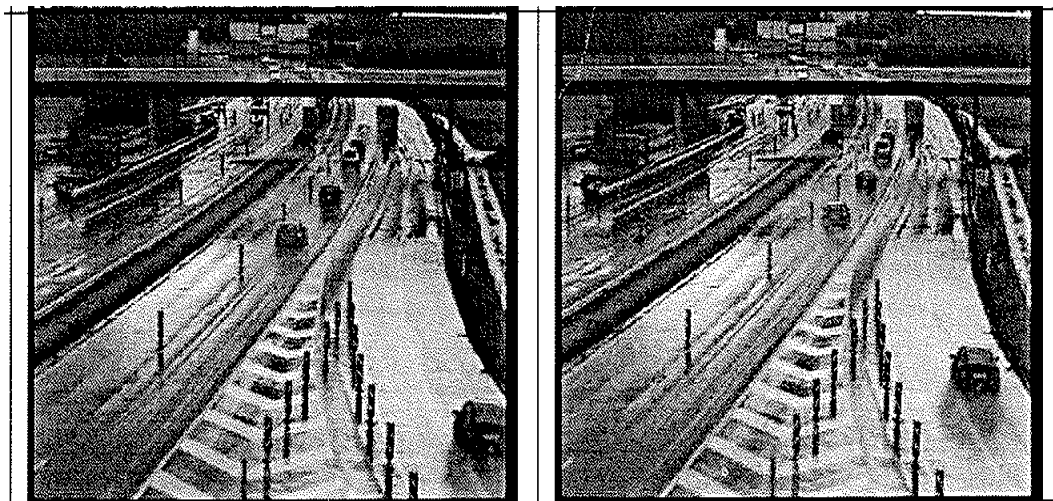


Abbildung 8 Reflexionen auf nasser Fahrbahn (weiss umkreist) verursachen Falschalarme.

Fahrbahnzustand	F0	F1	F2	F3
Anzahl Falschalarme	0	4	3	3

Tabelle 3 Anzahl Falschalarme aufgrund Reflexionen in Abhängigkeit des geschätzten Fahrbahnzustandes (F0 - trocken, F1 - mässig feucht, F2 - feucht, F3 - nass)

5.4 Anlage 3 - Tunnelzone

Die dritte Fallstudie wurde an einer Anlage gemacht, welche in einem Tunnel installiert ist. Das System kann wie in den beiden vorgängigen Fallbeispielen die Ereignisse Falschfahrer, stehendes Fahrzeug und Stau detektieren. An diesem Fallbeispiel kann vor allem aufgezeigt werden, dass eine Verbesserung der Zuverlässigkeit mittels Plausibilitätsprüfung effektiv erreicht werden kann. Es ist ebenfalls ein weiteres Beispiel, welches unterstreicht, dass der Fahrbahnzustand eine wichtige Grösse ist.

In der Grafik in Abbildung 9 sind die während dem Monat Dezember aufgetretenen Falschalarme pro Kamera aufgetragen. Es fällt auf, dass die beiden Kameras 20.03 und 20.02 mehrmals das Ereignis Falschfahrer nicht korrekt detektiert haben. Mittels einer Plausibilitätsprüfung, ob zwei aufeinander folgende Kameras das Ereignis Falschfahrer im gleichen Zeitfenster detektieren, konnte man sämtliche Falschalarme unterdrücken. Das Ereignis Falschfahrer bewirkt nun vollautomatisch eine Sperrung des Tunnels. Mit der Plausibilitätsprüfung konnte ein System mit hoher Genauigkeit und Zuverlässigkeit (Qualitätsklasse 1 siehe Abschnitt 3.2.3) realisiert werden.

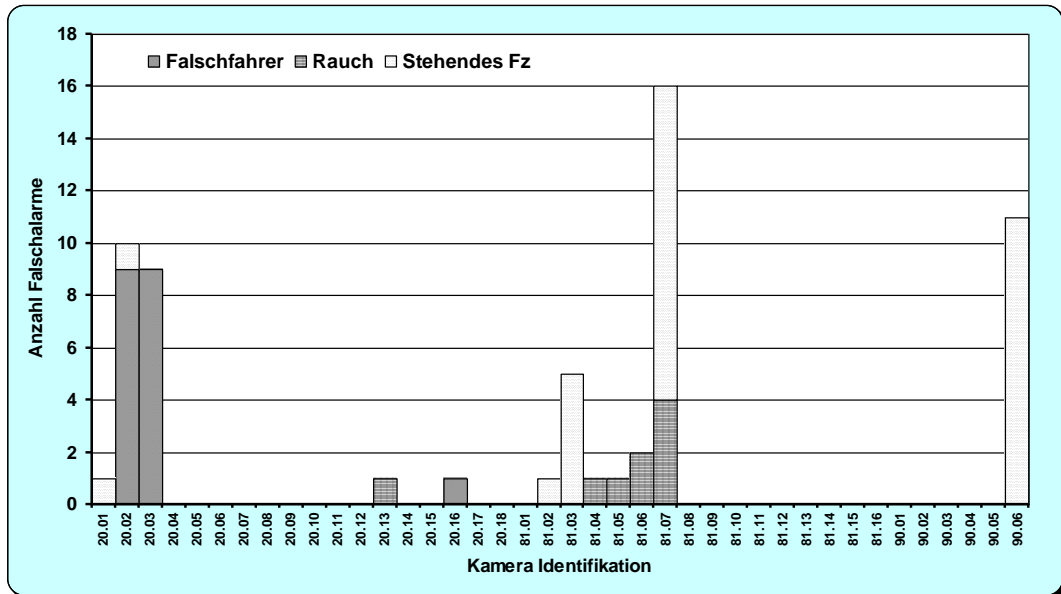


Abbildung 9 Anzahl Falschalarme pro Kamera und Ereignis

Einen weiteren interessanten Aspekt offenbaren dieselben Daten, wenn man diese wie in der nachfolgenden Grafik nach den Tagen im Monat Dezember 2006 aufzeichnet.

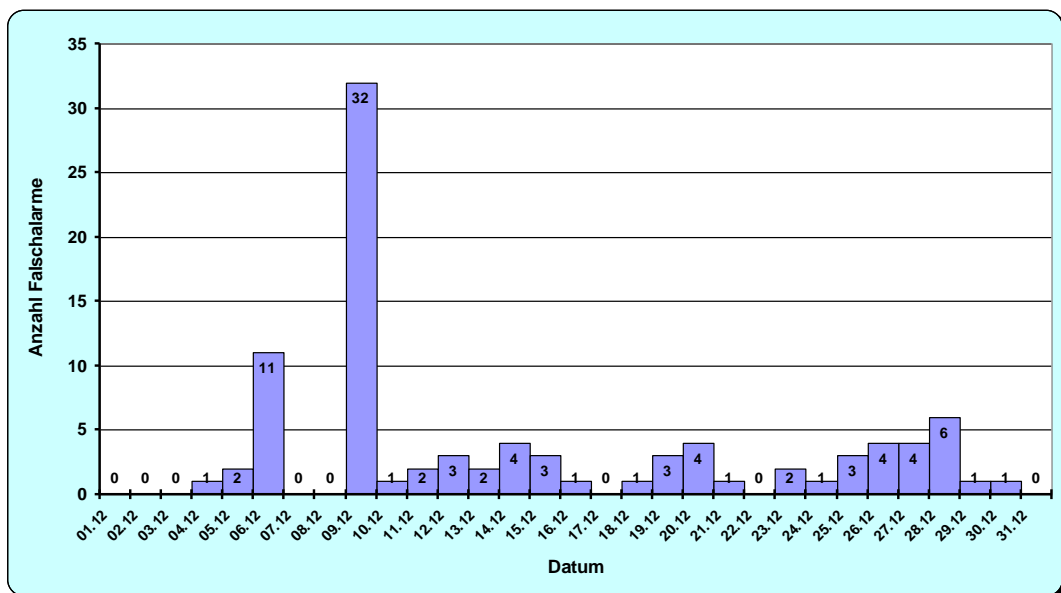


Abbildung 10 Anzahl Falschalarme in Funktion des Tages im Dezember 2006

Es fällt auf, dass die meisten Falschmeldungen am 9.12.2006 registriert wurden. Es hat sich herausgestellt, dass am 9.12.2006 ein starker Sturm in der Region war. Die in den Tunnel durch den Verkehr eingebrachte Nässe ist mit grosser Wahrscheinlichkeit die Ursache für die erhöhte Anzahl Falschalarme. Nach Rücksprache mit dem Lieferanten hat er informiert, dass in der neuen Generation seines Systems ein spezieller Algorithmus zum Einsatz kommt, der Nässe auf der Fahrbahn detektieren kann. Die Bildauswertung wird dann mit einer für diesen Fall optimierten Konfiguration gemacht.

5.5 Bewertung und Methodik

Die Analyse von Daten bestehender Anlagen konnte die starke Abhängigkeit zwischen Umwelteinflüssen und der Zuverlässigkeit der Detektion aufzeigen. Das zweite Fallbeispiel hat grundsätzlich gezeigt, wie der Fahrbahnzustand in die Bildauswertung mitberücksichtigt werden kann. Gemäss Angaben von MeteoSchweiz gibt es keine normierte Skala für die Bewertung des Fahrbahnzustandes. Jeder Hersteller von entsprechenden Messsystemen hat eigene Messmethoden und Skalen. Eine Zusammenstellung von MeteoSchweiz ist für den Fahrbahnzustand im Anhang A zu finden. Gemäss Angaben von MeteoSchweiz gibt es auch keine normierten Skalen für die Umwelteinflüsse Regen, Schnee und Nebel. Für die Messung von Wind hat sich die Beaufortskala etabliert. Die Beaufortskala teilt den Wind in 12 Grade ein. Das massgebende Kriterium ist die Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe. Ein detaillierter Beschrieb ist auch im Anhang A zu finden. Die Messung der Umwelteinflüsse birgt das Risiko in sich, dass die örtliche Distanz zwischen Messstelle und der Kamera Bewertungsfehler verursacht. Diesbezüglich ist die Messung des Umwelteinflusses, basierend auf dem Bild selbst oder dessen Qualität effektiver. Die meisten Umwelteinflüsse haben nämlich einen direkten Einfluss auf die Qualität der Bilder. Es ist auch bekannt, dass für die Zuverlässigkeit von Bildverarbeitungssystem die Videobildqualität und deren Messung wichtig sind. Verschiedene Forschungsgruppen haben sich deshalb diesem Thema angenommen. In den USA beschäftigt sich zum Beispiel die Video Quality Expert Group (VQEG) mit Methoden zur Messung der Bildqualität. Aber auch hier gibt es keine einheitliche und normierte Definition.

Es ist daher zweckmässig, eine Bewertungsmethode allgemeiner Art zu formulieren. In einem ersten Schritt muss projektspezifisch beurteilt werden, welche Einflüsse berücksichtigt werden. In einer Lernphase des Systems wird die Anzahl Falschalarme in Abhängigkeit des berücksichtigten Einflusses aufgezeichnet. Es dürfen dabei nur die Falschalarme berücksichtigt werden, welche durch den gemessenen Einfluss direkt oder indirekt verursacht sind. Die Skalierung des Einflusses ist abhängig vom Einfluss selbst und vom Messgerät. Ein Beispiel ist durch die nachfolgende Tabelle gegeben:

Einfluss	A	B	C	D
Anzahl Falschalarme	0	1	9	10

Tabelle 4 Anzahl Falschalarme wegen eines beliebigen Einflusses in Abhängigkeit der Skalierung (A-D) des Einflusses.

Aus dem Beispiel folgt, falls der Einfluss die Stufe C oder D erreicht, ist die Anzahl Falschalarme erhöht. Für den Betreiber der Anlage gibt es nun zwei Möglichkeiten. Man akzeptiert die erhöhte Falschalarmrate und somit die verminderte Zuverlässigkeit des Systems oder man filtert die Meldungen bei Stufe C+D und akzeptiert die verminderte Verfügbarkeit des Systems aufgrund dieses Einflusses.

6 Systemanforderungen

Die Gliederung der nachfolgenden Kapitel wurde im Hinblick auf eine Normierung dem Normaufbau entsprechend gewählt.

6.1 Begriffe

6.1.1 Bildauswertungssystem

Das Bildauswertungssystem ist durch die Norm SN 671 972 definiert. Eine Quelle liefert digitale Bilddaten oder analoge Bildsignale zur Auswertung und Speicherung. Diese Norm beschränkt sich auf die Funktionsblöcke Bildauswertung und Steuerung mit Meldeschnittstellen zum Bildspeicher, zu Drittsystemen und zur Leitebene. Ein Bildspeicher muss vorgesehen werden, um die Prüfung der Ausgangsdaten zu ermöglichen.

Die nachfolgende Abbildung zeigt die funktionale Einbettung der Bildauswertung und Steuerung im Gesamtsystem.

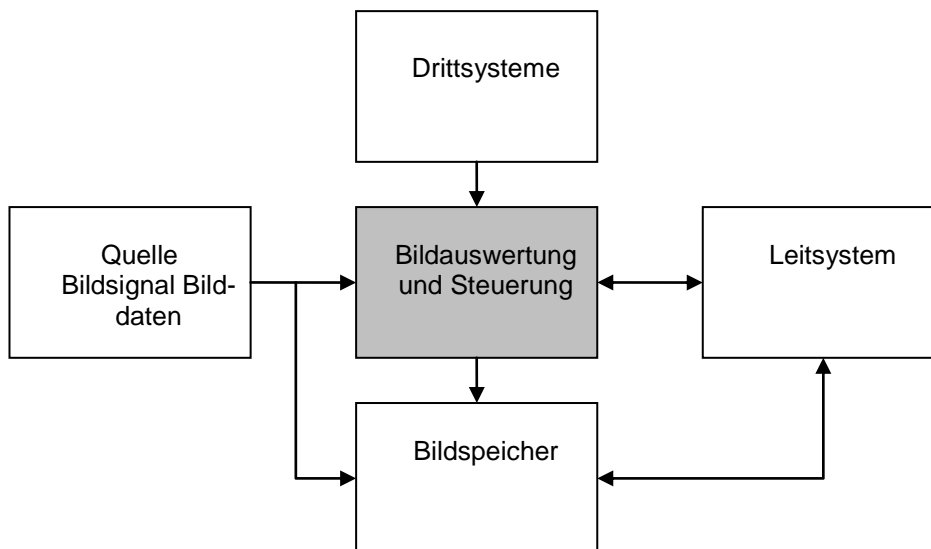


Abbildung 11 Funktionale Einbettung der Bildauswertung im Gesamtsystem

Das nachfolgende Blockdiagramm zeigt im Detail die normrelevanten Funktionsblöcke. Pro Quelle gibt es eine Bildauswertungseinheit, welche das Bildsignal oder die Bilddaten auswertet. Die Steuerung übernimmt übergeordnete Funktionen. Es können zum Beispiel Ereignisse mittels Plausibilitätsprüfung oder aufgrund von externen Einflüssen unterdrückt werden. Eine Änderung der Parametrierung der Algorithmen in Abhängigkeit von Drittsystemen ist ebenfalls möglich.

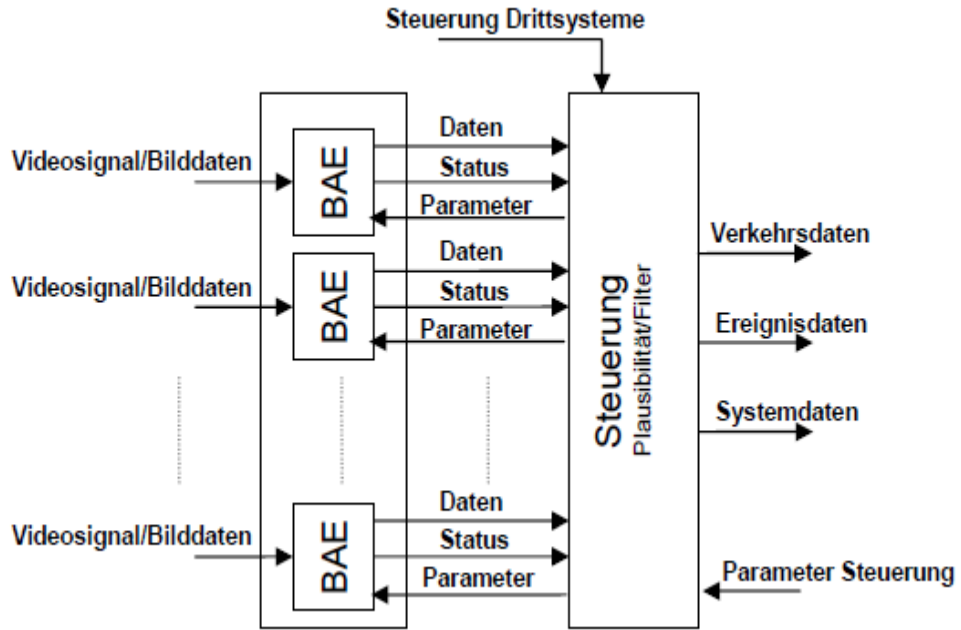


Abbildung 12 Detail Bildauswertungssystem

Die nachfolgende Abbildung zeigt eine mögliche Realisierung eines VTV-Gesamtsystems für die automatische Verkehrsüberwachung mittels Bildauswertung mit Kameras als Bildsignalquelle.

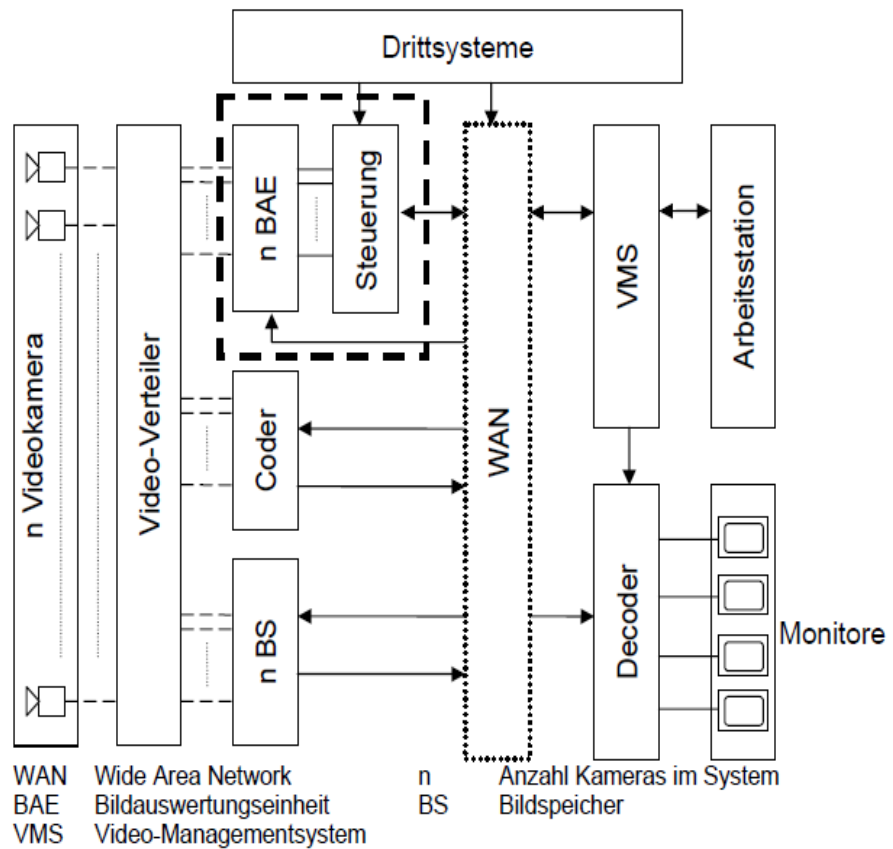


Abbildung 13 Gesamtsystem mit Systemabgrenzung für die Bildauswertung

6.1.2 Bildauswertungseinheit

Die Bildauswertungseinheit ist der Funktionsblock, welcher ggf. Videosignale digitalisiert und die entsprechenden Bilddaten mittels spezieller Algorithmen auswertet und auf deren Inhalte analysieren kann.

Die BAE erkennt die Verfügbarkeit der Auswertung und meldet dies über eine Statusinformation der übergeordneten Ebene.

Die Algorithmen der Bildauswertungseinheiten werden einzeln parametrieren. Die Parametrierung beinhaltet unter anderem:

- Definition Beobachtungsbereiche (Sensorflächen), in welchen das Kamerabild auf Daten analysiert wird
- Definition von Detektionszeiten
- Definition von Empfindlichkeitsschwellen

6.1.3 Bilddaten

Moderne IP-Kameras (Netzwerkcameras) übermitteln die Bilddaten digital. Eine analog-digitale Wandlung für das Videosignal ist obsolet. In diesem Fall sind entsprechende Codecs für die Bilddatenübermittlung Bestandteil des BAS. Die in dieser Arbeit definierten Anforderungen sind technologieunabhängig formuliert und gelten für die digitale oder analoge Bildübertragung.

6.1.4 Brand

Unter Brand im Sinne dieser Arbeit versteht man das Erkennen von Rauch durch die Bildauswertungseinheit.

6.1.5 Daten

Unter Daten werden Ereignis- und Verkehrsdaten im Sinne der Norm SN 671 972 [2] verstanden. Ergänzend wird in dieser Arbeit das Ereignis „Fussgänger“ als Datentyp aufgenommen. Die Definition der durch diese Arbeit berücksichtigen Datentypen folgt im Abschnitt 6.2.

6.1.6 Detektionsrate

Unter Detektionsrate versteht man das Verhältnis zwischen der Anzahl richtig erkannter Ereignisse und der Anzahl Ereignisse, die hätten erkannt werden müssen.

6.1.7 Drittsysteme

Unter Drittsystemen werden Systeme verstanden, welche dem BAS Informationen zur Optimierung der Bildauswertung zur Verfügung stellen können. Diese Informationen können die Parametrierung der Algorithmen oder die Weiterleitung der Daten (Unterdrückung) beeinflussen. Drittsysteme können Steuerungen von Systemen (z.B. Beleuchtung, Verkehr) oder Messsysteme für die Messung von Umwelteinflüssen sein.

6.1.8 Echtereignis

Ein Echtereignis ist ein Ereignis, das korrekt erkannt und gemeldet wurde.

6.1.9 Falschalarmrate

Unter Falschalarmrate versteht man die Anzahl falsch erkannter Ereignisse pro Quelle (Kamera) und Zeiteinheit.

6.1.10 Halbautomatisches Verkehrsmanagement

Unter halbautomatischem Verkehrsmanagement versteht man das automatische Aufschalten von Videobildern zur Beurteilung der aktuellen Verkehrssituation und zur Einlei-

tung der erforderlichen Massnahmen durch das Betriebspersonal.

6.1.11 Plausibilität

Unter Plausibilität wird die Logik verstanden, welche die Daten von verschiedenen BAE zwingend erfüllen müssen. Falls die Daten dieser zwingenden Logik widersprechen, werden die Daten unterdrückt und dem VMS nicht gemeldet. Solche Plausibilitäts-Widersprüche sind dem VMS zu melden.

6.1.12 Steuerung

Die Steuerung dient als Schnittstelle zwischen dem übergeordneten Leitsystem (zum Beispiel Video-Managementsystem) und dem BAS. Die Steuerung übernimmt folgende Aufgaben: Plausibilitätsprüfung, Berücksichtigung von Informationen von Drittsystemen, Unterdrückung von Daten gemäss Vorgabe durch Bedienpersonal (Parametrierung Steuerung). Es muss dem Bedienpersonal möglich sein, die Auswertung von Beobachtungsbereichen ganz oder teilweise (einzelne Spuren) zu deaktivieren. Es ist daher eine entsprechende Funktionalität in der Schnittstelle zwischen Leitsystem und der Steuerung vorzusehen.

6.1.13 Umwelteinflüsse

Als Umwelteinflüsse im Sinne dieser Arbeit gelten externe Einflüsse, welche die Qualität der Bildauswertung negativ beeinflussen. Die Definition der potentiell zu berücksichtigenden Umwelteinflüsse folgt im Abschnitt 6.4. Die externen Einflüsse können indirekt über die Bildqualität gemessen oder über Drittsysteme angezeigt werden.

6.1.14 Systemdaten

Die Systemdaten sollen über den Zustand der Bildauswertung pro Kamera und das gesamte Auswertungssystem informieren. Die Definition der durch diese Arbeit berücksichtigten Systemdaten folgt im Abschnitt 6.3.

6.1.15 Umweltbedingte Verfügbarkeit

Ein BAS gilt als umweltbedingt verfügbar, falls keine externen Einflüsse die Auswertung der Bilddaten behindern.

6.1.16 Qualität

Unter Qualität der Bildauswertung wird die Genauigkeit der Erkennung von Ereignissen verstanden. Eine hohe Qualität äussert sich durch eine tiefe Falschalarmrate und eine hohe Detektionsrate aus.

6.1.17 Videosignal

Das Videosignal der Kamera mit der Bildinformation ist das analoge Eingangssignal für die Bildauswertungseinheit (BAE). Für die Auswertung wird das Videosignal in digitale Bilddaten gewandelt. Die entsprechende analog-digitale Wandlung ist Bestandteil des BAS.

6.1.18 Vollautomatisches Verkehrsmanagement

Unter vollautomatischem Verkehrsmanagement versteht man das automatische Anstossen von erforderlichen Massnahmen durch das BAS auf Grund von Ereignissen oder der erfassten Verkehrsdaten ohne Beurteilung durch das Betriebspersonal.

6.2 Datentypen

Die nachfolgende Tabelle listet alle Datentypen, eingestuft in den drei Kategorien „obligatorisch“, „empfohlen“ und „nicht empfohlen“ auf. Diese Einstufung ergibt sich einerseits aus der Wichtigkeit der Datentypen und andererseits aus der Eignung von BAS für das Erfassen dieser Datentypen. Obligatorische Datentypen müssen von einem System zwingend unterstützt werden. Empfohlene Datentypen sollten von einem System unter-

stützt werden, es ist aber nicht zwingend gefordert. Bei Datentypen, welche nicht empfohlen sind, wird der Einsatz von BAS nicht positiv beurteilt.

Nr.	Datentyp	Beurteilung
Verkehrsdaten:		
1	Verkehrsstärke	empfohlen
2	Geschwindigkeit	empfohlen
3	Verkehrsdichte	empfohlen
4	Reisezeit	nicht empfohlen
5	PW/LW	empfohlen
6	Fahrzeugkategorien	nicht empfohlen
Ereignisse:		
7	Stehendes Fz	obligatorisch
8	Stau	obligatorisch
9	Falschfahrer	obligatorisch
10	Gegenstand	empfohlen
11	Nischenbelegung	empfohlen
12	Standstreifenbeleg.	empfohlen
13a	Brand (Tunnelzone)	obligatorisch
13b	Brand (Freie, Portalzone)	nicht empfohlen
14	Fussgänger	empfohlen

Tabelle 5 Definition der Datentypen mit Vorgabe der BAS- Unterstützung

Die Definitionen gelten für alle Zonen ausser für den Datentyp Brand, welcher unterteilt ist.

Es wird empfohlen die Verkehrsstärke, -dichte, -geschwindigkeit und die Kategorisierung in PW/LW in einem BAS zu berücksichtigen. Eine feinere Kategorisierung der Fahrzeuge sowie die Angabe der Reisezeit werden nicht empfohlen. Eine direkte Erkennung aus den Bilddaten erfordert die Identifikation einzelner Fahrzeuge, was nicht Bestandteil eines BAS im Sinne dieser Arbeit ist.

Die Ereignisse Brand, stehendes Fahrzeug, Falschfahrer, Stau werden als sicherheitsrelevant eingestuft und sind daher von einem BAS zwingend zu erkennen.

Die Auswertung der Ereignisse Nischenbelegung, Standstreifenbelegung sowie Gegenstand und Fussgänger ist ähnlich der Auswertung des Ereignisses stehendes Fahrzeug. Im ersteren liegt der Unterschied im Beobachtungsraum und im letzteren in der Grösse der zu erkennenden Objekte. Die Erkennung dieser Ereignisse ist empfohlen, falls der Beobachtungsraum flächendeckend inklusive Standstreifen und Nischen erfasst ist. Es sind möglicherweise separate Kameras einzusetzen.

6.3 Systemdatentypen

Die nachfolgende Tabelle listet die obligatorischen und empfohlenen Systemdatentypen auf, welche ein BAS in Bezug auf die Auswertung selbst erkennen und melden muss.

Nr.	Systemdatentyp		Bemerkung
1	Status Bildauswertung	obligatorisch	Status der umweltbedingten Verfügbarkeit pro Bildauswertung aufgrund schlechter Bildqualität oder Informationen von Drittsystemen
2	Qualität Bildauswertung	empfohlen	Klassifizierung der Güte der Bildauswertung in mindestens 5 Kategorien

Tabelle 6 Definition der Systemdatentypen für die Bildauswertung

Ein BAS muss zwingend die umweltbedingte Verfügbarkeit auf der Basis der Bildqualität oder von Informationen von Drittsystemen automatisch beurteilen können. Falls die Auswertung aufgrund situationsspezifisch definierter Kriterien nicht mehr möglich ist, ist dies zu signalisieren.

Es wird empfohlen, die Güte der Bildauswertung in 5 Stufen gemäss Tabelle 7 zu unterteilen. Ab welcher Stufe ein System verfügbar ist, soll dabei individuell parametrierbar sein.

Gütestufe	Bildqualität	Beschreibung
1	kein Bild	Auswertung und visuelle Kontrolle nicht möglich
2	Sehr schlecht	Auswertung nicht möglich, visuelle Kontrolle praktisch nicht möglich
3	Schlecht	Auswertung mit stark reduzierter Genauigkeit, visuelle Kontrolle möglich
4	Genügend	Auswertung mit wenig reduzierter Genauigkeit, visuelle Kontrolle gut möglich
5	Gut	Auswertung mit spezifizierter Genauigkeit möglich, visuelle Kontrolle gut möglich

Tabelle 7 Empfohlene Gütestufen

6.4 Umwelteinflüsse

Die nachfolgende Tabelle 8 fasst die Einflüsse zusammen, welche potenziell berücksichtigt werden sollten. Generell sollten Umwelteinflüsse indirekt durch die Güte der Bildqualität oder durch spezielle Bildauswertungsalgorithmen erkannt werden. Auf diese Weise beruht die Messung auf den massgebenden Daten. Es ist allerdings zu bedenken, dass die Bildauswertung zu Verzögerungen führt, welche u.U. die beabsichtigte Eliminierung von Falschalarmen unterläuft.

Der Fahrbahnzustand sowie Lichtänderungen können durch Drittsysteme gemessen werden, sofern der Standort der Messstellen nahe der überwachten Zone liegt. Ansons-

ten wird empfohlen, die Erkennung dieser Umwelteinflüsse mittels spezieller Algorithmen zu realisieren.

Der Sonnenstand kann durch die astronomische Uhr sehr genau bestimmt werden. Doch da die Sonneneinstrahlung bei bedecktem Himmel einen kleineren Einfluss hat, ist die Erkennung durch die Bildauswertung vorzuziehen.

Eine schlechte Bildqualität wegen Verschmutzung sowie eine Änderung des Kamerabil-des gegenüber dem parametrisierten Beobachtungsbereich muss durch die Bildauswertung erkannt werden.

Nr.	Umwelteinfluss	Erkennung durch:	
		Bildauswertung	Messung Drittsystem
1	Regen, Schnee, Nebel	empfohlen	nicht empfohlen
2	Fahrbahnzustand	empfohlen	bedingt empfohlen
3	Sonnenstand	empfohlen	empfohlen
4	Verschmutzung	obligatorisch	nicht empfohlen
5	Lichtänderung (Sonne)	empfohlen	bedingt empfohlen
6	Kameraposition	obligatorisch	nicht empfohlen

Tabelle 8 Definition der Umwelteinflüsse

6.5 Einflüsse von Drittsystemen

Änderungen auf der Fahrbahn oder im Fahrraum aufgrund von Schaltungen anderer Systeme können die Güte der Auswertung stark beeinflussen. Daher sollten diese dem BAS angezeigt oder vom BAS selbst erkannt werden. Die nachfolgende Tabelle fasst die zu berücksichtigenden Einflüsse von Drittsystemen auf.

Nr.	Drittsystem	Ereignis	Erkennung durch:	
			Bildauswertung	Meldung Drittsystem
1	Beleuchtung	Beleuchtungswechsel	bedingt empfohlen	empfohlen
2	Verkehr	Signalwechsel	empfohlen	empfohlen
3	Verkehr	Signalbeleuchtung	empfohlen	empfohlen
4	Verkehr	Sperrungen	Nicht empfohlen	empfohlen
5	Verkehr	Änderung Verkehrsrichtung	Nicht empfohlen	empfohlen

Tabelle 9 Definition von Einflussgrößen

Sämtliche Beleuchtungsänderungen sollten dem BAS gemeldet werden. Dabei sollten Änderungen der Einfahrts- und Durchfahrtsbeleuchtung und der optischen Leiteinrichtung erkannt werden.

Der Signalwechsel von Ampeln von zum Beispiel Dunkel auf Gelbblinken muss erkannt oder gemeldet werden. Zusätzlich sollte das Ein- und Ausschalten von Signalbeleuchtung-

gen erkannt oder gemeldet werden.

Weiter sollten Sperrungen von Spuren und der Wechsel von Verkehrsrichtungen auf Spuren dem BAS gemeldet werden. Das BAS muss dann die entsprechenden Beobachtungsbereiche deaktivieren oder mit einer geeigneten Parametrierung der Algorithmen korrekt auswerten.

6.6 BAS-Qualitätsklassen

Es werden vier Qualitätsklassen definiert. Die nachfolgende Tabelle beschreibt die verschiedenen Klassen. Die Klassierung basiert auf der Forschungsarbeit [20] und wurde im Rahmen der Gespräche mit Betreibern und Unternehmern verifiziert. Da grundsätzlich auch ein System der Klasse 1 verschiedenen Umwelteinflüssen unterworfen sein kann, erscheint es zweckmässig, diesen Faktor separat mit „a“ und „b“ zu klassieren. Daraus ergeben sich folgende Qualitätsklassen:

Klasse	Beschreibung
Klasse 1a	Hohe Genauigkeit und Zuverlässigkeit ermöglicht die vollautomatische Einflussnahme in den Strassenbetrieb.
Klasse 1b	Hohe Genauigkeit und Zuverlässigkeit ermöglicht die vollautomatische Einflussnahme in den Strassenbetrieb. Die Verfügbarkeit der Bildauswertung ist als Folge von externen Einflüssen (Umwelt, Drittsysteme) zeitweise eingeschränkt.
Klasse 2a	Rasches Erkennen ist wichtiger als hohe Genauigkeit und Zuverlässigkeit. Einflussnahme in den Strassenbetrieb wird durch das Betriebspersonal ausgelöst.
Klasse 2b	Rasches Erkennen ist wichtiger als hohe Genauigkeit und Zuverlässigkeit. Einflussnahme in den Strassenbetrieb wird durch das Betriebspersonal ausgelöst. Die Verfügbarkeit oder die Zuverlässigkeit der Bildauswertung ist als Folge von externen Einflüssen (Umwelt, Drittsysteme) zeitweise eingeschränkt.

Tabelle 10 Definition der BAS-Qualitätsklassen

Die Qualitätsklasse wird pro Datentyp definiert. Das heisst, ein BAS kann den Datentyp Falschfahrer mit der Güteklasse 1a und den Datentyp stehendes Fahrzeug mit der Güteklasse 2a erkennen.

Die Realisierung von BAS für die Erkennung von Datentypen mit Güteklasse 1a ist vor allem in Zonen einfach, wo externe Einflüsse kontrollierbar sind, das heisst vor allem in Tunnelzonen. Die Qualitätsklassen sind aber zonenunabhängig definiert.

7 Anforderungen und Prüfung

7.1 Einleitung

Die Prüfung eines BAS wird in vier Phasen eingeteilt:

1. Evaluation
2. Funktionsprüfung
3. Probetrieb
4. Kontrolle Betrieb

Die Evaluation dient als Selektionsverfahren, um die geeigneten BAS und deren Anbieter ermitteln zu können. Die Evaluation wird normalerweise mit verschiedenen Lieferanten von BAS durchgeführt. Als Eingangsdaten müssen Bilddaten zur Verfügung stehen, welche das Zielobjekt gut nachbilden. Eine entsprechende Bibliothek an umfangreichen Videobildern muss zur Verfügung stehen.

Die Funktionsprüfung dient zur Funktionskontrolle und wird im Allgemeinen nicht unter Verkehr durchgeführt. Sie dient hauptsächlich als Linientest des BAS, eingebettet in das Gesamtsystem.

Der Probetrieb dient zur Prüfung und Feinparametrierung des Systems unter Verkehr. Weiter können während dieser Phase Einflüsse erkannt werden, welche in der Auswertung berücksichtigt werden müssen, die in der Realisierungsphase nicht erkannt wurden. Entsprechende Massnahmen können zusätzlich ergriffen werden.

Während dem Betrieb sollte periodisch eine Systemkontrolle durchgeführt werden. Die Anforderungen müssen während der ganzen Betriebsdauer erfüllt bleiben.

7.2 Evaluation

Die Evaluation dient primär zur Prüfung des Algorithmus. Bei der Prüfung müssen Bilddaten verwendet werden, welche möglichst gut die Verhältnisse und Bedingungen am realen Objekt wiedergeben. Dazu benötigt man einen umfangreichen Satz an Bilddaten. Falls möglich, sind diese am realen Objekt zu erstellen.

Für die Evaluation sind folgende Punkte zu beachten:

- Falls notwendig, werden vorgängig höchstens die Grundbilder der Videosequenzen für die Parametrierung des Algorithmus den Lieferanten abgegeben.
- Die Bilddaten mit Ereignissen werden erst beim Test zur Verfügung gestellt.
- Die Bilddaten sollen so aufbereitet sein, dass sie dem Eingangssignal des BAS im realen System entsprechen.
- Wird das Eingangssignal durch das BAS verarbeitet, so dass die analysierten Bilddaten sich ändern, dann sind dieselben Bilder mehrmals zu testen.
- Trotz Zeitraffung ist eine angemessene Sequenzlänge mit Einlernphase zur Verfügung zu stellen.

Es wird empfohlen, für die Evaluationsphase eine Bibliothek an umfangreichen Bilddaten zu erarbeiten. Gemäss unseren Gesprächen mit Lieferanten haben die meisten eine eigene Bibliothek bereits angelegt. Es fehlt aber eine normierte und standardisierte Biblio-

thek. Diese sollte alle möglichen Situationen bezüglich Umwelt-, Beleuchtungs-, Verkehrseinflüssen und alle Zonen abdecken. Es wird empfohlen, eine solche umfangreiche und normierte Bibliothek im Rahmen einer weiteren Forschungsarbeit zu erarbeiten.

7.3 Testsystem für Funktionsprüfung und Probetrieb

Für die Funktionsprüfung und den Probetrieb muss das BAS in das gesamte Videoüberwachungssystem integriert sein. Zum Zweck der Testbarkeit des BAS wird dringend empfohlen, einen Bildspeicher im Gesamtsystem vorzusehen. Der Bildspeicher muss neben den Anforderungen gemäss Richtlinie VTV [7] folgenden Anforderungen genügen:

- Jedes Ereignis muss jederzeit mit der gespeicherten Videosequenz reproduzierbar ausgewertet werden können.
- Jedes Ereignis muss mit folgenden Angaben dokumentiert werden:
 - Kamera-Identifikation
 - Datum / Uhrzeit
 - Ereignis
 - Meldungen Drittsysteme
 - Bildqualität
 - Status Auswertesystem
 - Falschalarm / Richtigalarm
 - ein Bild vor und nach Ereignis mit Kennzeichnung des Auslösebereichs
 - Parameter Algorithmus

Die Richtlinie VTV definiert einen Vorlauf von 10 Minuten für die Ereignisbeurteilung. Falls das BAS einen längeren Vorlauf für die reproduzierbare Auswertung benötigt, ist ein entsprechender Vorlauf zu berücksichtigen. Die Qualität der gespeicherten Bilddaten muss ebenfalls so gewählt werden, dass die Auswertung reproduzierbar ist.

7.4 Kameraanordnung

Die Zuverlässigkeit der Auswertung ist stark von der Anordnung der Kameras und der Kameratechnik abhängig. Die Anforderungen gemäss SN 671 972 sind einzuhalten.

Die Installationshöhe sollte möglichst hoch (gemäss Angaben aus dem Forschungsbericht [15] mindestens 4.5 Meter) sein. In der Regel sollte der Kameraabstand für eine lückenlose Auswertung nicht grösser als 20-mal die Installationshöhe sein. Die optimale Standortwahl erfordert eine Situationsaufnahme vor Ort.

Der Abstand aus kameratechnischer Sicht für eine flächendeckende Detektion ist abhängig von Faktoren wie CCD Chipgrösse und -auflösung, Brennweite und Gegenstandsgrösse. Dabei wurde in [15] folgende Abhängigkeit hergeleitet:

$$g = \frac{2 \cdot f \cdot H \cdot y_{Aufl}}{n_y \cdot d} \quad (1)$$

wobei g die Detektionstiefe, f die Brennweite, H die Objekthöhe, y_{Aufl} die vertikale Auflösung, n_y die notwendige Anzahl Pixel, welche das Objekt abdecken muss, und d die Sen-

sor (e.g. CCD) Chipgrösse ist. Es folgt daraus, dass die Detektionstiefe direkt mit der Objektgrösse skaliert. Dies muss vor allem bei der Detektion von Fussgängern und Gegenständen berücksichtigt werden.

7.5 Verkehrsdaten

Die Anforderungen und Testkriterien an die Erfassung von Verkehrsdaten sind durch die TLS [21] genau geregelt. Diese können für die Erfassungssysteme, basierend auf Videotechnologie angewandt werden. Die vorliegende Arbeit geht daher nicht weiter auf die Verkehrsdaten ein.

Werden Verkehrsdaten erfasst, um indirekt das Ereignis Stau zu erkennen resp. zu berechnen, gelten die Anforderungen und Testkriterien für das Ereignis Stau und die TLS ist nicht zu berücksichtigen.

7.6 Ereignisdaten

In der Folge werden Anforderungen und Testkriterien für Ereignisdaten definiert. Im Weiteren werden Anforderungen für die Funktionsprüfung, den Probetrieb und Betrieb definiert.

7.6.1 Ueberwachungsbereiche

Das BAS muss erlauben, pro Kamerabild und pro Ereignis mehrere Überwachungsbereiche zu definieren. Folgende minimale Anzahl an Bereichen muss definierbar sein:

Ereignis	Minimale Anzahl Sensorflächen
Stehendes Fz, Stau, Falschfahrer	4
Gegenstand	6
Nischenbelegung	1
Standstreifenbelegung	1
Brand	1
Fussgänger	6

Tabelle 11 Überwachungsbereiche der Ereignisdaten

Fahrzeugbezogene Ereignisse (stehendes Fahrzeug, Stau und Falschfahrer) müssen pro Spur (eventuell inkl. Verzögerungsstreifen Einfahrt) definiert werden können. Die Beobachtungsbereiche für die Ereignisse Gegenstand und Fussgänger sollten aufgrund der kleineren Objektgrösse feiner definiert werden können.

Die Sensorflächen müssen sowohl gemeinsam als auch unabhängig voneinander aktiviert und deaktiviert werden können.

7.6.2 Anforderungen BAS-Qualität

Die nachfolgende Tabelle definiert die empfohlene BAS-Qualitätsklasse für die verschiedenen Ereignisse und Beobachtungszonen. Die Anforderungen sind objektspezifisch festzulegen.

Ereignis	Tunnelzone	Portalzone	Freie Zone
Stehendes Fz	2a	2b	2b
Stau	2a	2b	2b
Falschfahrer	1a	1b	1b
Gegenstand	1a	1b	1b
Nischenbelegung	2a	2b	2b
Standstreifenbelegung	2a	2b	2b
Brand	2a	-	-
Fussgänger	2a	2b	2b

Tabelle 12 Empfohlene BAS-Qualitätsklassen je Ereignistyp

Die Beurteilung Klasse 1 ist durch folgende vollautomatischen Massnahmen in den Strassenbetrieb motiviert:

Ereignis	Tunnelzone	Portalzone	Freie Zone
Falschfahrer	Reduktion Geschwindigkeit Fahrspur ableiten und sperren Gelbblinken Vollbeleuchtung	Reduktion Geschwindigkeit Fahrspur ableiten und sperren Gelbblinken Vollbeleuchtung	Reduktion Geschwindigkeit Fahrspur ableiten und sperren
Gegenstand	Reduktion Geschwindigkeit Gelbblinken Vollbeleuchtung	Reduktion Geschwindigkeit Gelbblinken Vollbeleuchtung	Reduktion Geschwindigkeit

Tabelle 13 Empfohlene vollautomatische eingeleitete Massnahmen

7.6.3 Rauchdetektion Anforderungen

Ein BAS muss im Tunnelbereich Rauch erkennen können. Jedes Kamerabild vom Tunnel muss auf das Ereignis „Rauch“ analysiert werden. Im Bereich des Tunnelportals und in der freien Zone wird die Rauchdetektion nicht empfohlen. In erster Linie ist Brand ausserhalb von der Tunnelzone weniger sicherheitsrelevant und weiter können Umwelteinflüsse wie Nebel oder Gischt ausserhalb der überwachten Zone die Zuverlässigkeit wesentlich einschränken. Qualitätsanforderungen und Testkriterien werden daher nur für die Tunnelzone definiert.

Es ist empfohlen, die videobasierte Rauchdetektion nur als ergänzende Brandmeldeanlage neben anderen Technologien wie Linienbrandmeldeband oder Rauchdetektoren einzusetzen.

In der Forschungsarbeit [15] und der Richtlinie von ASFiNAG [13] wird eine Prüfung auf der Basis von konventionellen Brandtests vorgeschlagen. Bezüglich Brandtest-relevante Richtlinien sind:

- ASTRA-Richtlinie „Branddetektion in Strassentunneln“ [8]
- BAST-Richtlinie „Brandversuche in Strassentunnels - Vereinheitlichung der Durch-

führung und Auswertung“ [22]

- FSV-Richtlinie „Betriebs- und Sicherheitseinrichtungen Tunnelausrüstung RVS 9.282“ [12]

Für die Rauchdetektion mittels Video ist die Rauchentwicklung bei Brandtests relevant. In der Wissenschaft wird ein so genannter Rauchausbeutefaktor (englisch: smoke yield oder smoke mass conversion factor) definiert. Dieser Faktor ist eine Eigenschaft des Brandmittels und gibt an, wie viel Masse des Brandmittels in Russ umgewandelt wird. Die Richtlinie „Vereinheitlichung der Durchführung und Auswertung“ gibt die Branddaten gemäss Tabelle 14 für verschiedene Brandmittel an. Es gibt zwar stark russende Brandmittel, doch die genaue Angabe, wie viel Rauch freigesetzt wird fehlt.

Brandgut	Dichte bei T = 15°C [kg/m ³]	Unterer Heizwert Hu [kJ/kg]	Theoretische Abbrandrate m ₀ [*] [kg/m ² s]	Extinktionsparameter κ _B [1/m]	Verbrennungsgrad γ [-]	Effektive Brandleistung Q _{br} [MW/m ²]	Rußfreisetzungsteil [kg/kg]	Anmerkungen
Benzin (Wannenbrand) Wannen-Ø 1.0 m	730	43.700	0.055	2.1	0.7	1.53	ca. 0.09	Stark rußend
Diesel (Wannenbrand) Wannen-Ø 1.0 m	815 - 855	39.700	0.035	1.7	0.9	1.07	ca. 0.1	Stark rußend
n-Heptan (Wannenbrand) Wannen-Ø 1.0 m	700	44.600	0.101	1.1	0.7	2.24	0.037	Schnelle Energiefreisetzung, mäßige Rußproduktion

Tabelle 14 Branddaten verschiedener Brandmittel

Aus diesen Überlegungen ist eine Prüfung auf der Basis von konventionellen Brandtests nicht empfohlen. Es wird empfohlen, einen Rauchtest durchzuführen.

Das freigesetzte Rauchvolumen pro Zeit muss bekannt sein. Die freigesetzte Rauchmenge pro Zeit, bei welcher das Ereignis Rauch detektiert werden muss, darf maximal dem Viertel des Tunnelquerschnittes multipliziert mit der Luftgeschwindigkeit entsprechen:

$$\frac{V}{t} = \frac{\vec{v} \cdot A}{4} \quad (2)$$

Das Ereignis Rauch muss bei einem System der Klasse 2 spätestens nach 20 Sekunden detektiert werden. Diese Detektionszeit ist einerseits im Verhältnis zum gesamten Zeitablauf eines Brandereignisses klein und ermöglicht andererseits eine zuverlässige Detektion. Bei einem System der Klasse 1 sind höhere Detektionszeiten zulässig (max. 60 sec).

7.6.4 Funktionstest

Der Funktionstest wird mit Rauchgeneratoren, Rauchpatronen, Signalpatronen oder ähnlichen Rauchquellen mit bekannter freigesetzter Rauchmenge pro Zeit durchgeführt.

Der Rauch muss von Portal zu Portal durch die Luftströmung transportiert werden, so dass jede Kamera das Ereignis Rauch erfassen kann.

Die Tests sind bei den ungünstigsten Beleuchtungsverhältnissen, die während dem normalen Tunnelbetrieb vorkommen können, durchzuführen. Die minimale Beleuchtungsdichte gemäss Vorgabe Astra darf aber nicht unterschritten werden. Es sind keine Falschalarme oder Detektionsfehler zulässig.

7.6.5 Stehendes Fahrzeug Anforderungen

Die Detektion eines stehenden Fahrzeuges wird für die Tunnel-, die Portal- und die freie Zone obligatorisch gefordert. Jedes Kamerabild muss auf das Ereignis „stehendes Fahrzeug“ analysiert werden.

Es müssen als Fahrzeug neben üblichen PW und LW auch kleinere Zweiplatz-Autos (1.5m x 2.5m) erkannt werden. Fahrzeuge von der Grösse von Motorrädern müssen explizit gefordert werden. Die Geschwindigkeit eines als stehend erkannten Fahrzeuges soll parametrierbar sein. Die Fahrzeugfarbe darf keinen wesentlichen Einfluss auf das Auswerteresultat haben.

Das Ereignis stehendes Fahrzeug muss bei einem System der Klasse 2 spätestens nach 20 Sekunden detektiert werden. Bei einem System der Klasse 1 sind höhere, situationspezifische Detektionszeiten (max. 60 sec) zulässig. Bei einem System der Klasse 1 wird empfohlen, den dem stehenden Fahrzeug vorausfolgenden Haltevorgang zu berücksichtigen (Plausibilitätsprüfung).

7.6.6 Funktionstest

Der Funktionstest wird optimalerweise mit einem Auto mit belagsähnlicher Farbe (z. B. Verkehrsgrau / RAL 7043) und minimaler Grösse durchgeführt. Ein Testfahrer stoppt bei jeder Kamera am Anfang, in der Mitte und am Ende des Auswertebereichs. Das stehende Auto muss von der entsprechenden Bildauswertung erkannt werden. In Tunnel sind die Tests bei ungünstigsten Beleuchtungsverhältnissen, die während dem normalen Tunnelbetrieb vorkommen können, durchzuführen. Die minimale Beleuchtungsdichte gemäss Vorgabe ASTRA darf aber nicht unterschritten werden. Es sind keine Falschalarme oder Detektionsfehler zulässig.

7.6.7 Falschfahrer Anforderungen

Die Detektion eines Falschfahrers wird für die Tunnel-, die Portal- und die freie Zone obligatorisch gefordert. Das erste Kamerabild nach einer Ausfahrt muss auf das Ereignis Falschfahrer analysiert werden. Es wird jedoch empfohlen, jedes Kamerabild auf das Ereignis zu analysieren.

Es müssen als Fahrzeug neben üblichen PW und LW auch kleinere Zweiplatz-Autos (1.5m x 2.5m) erkannt werden. Die Erkennung von Fahrzeugen von der Grösse wie Motorräder müssen bei Bedarf explizit gefordert werden.

Das Ereignis Falschfahrer muss bei einem System der Klasse 2 spätestens nach 5 Sekunden detektiert werden. Dies entspricht ungefähr der Dauer der Durchfahrt eines Fahrzeuges durch den Beobachtungsbereich. Bei einem System der Klasse 1 sind höhere, situationspezifische Detektionszeiten (max. 20 sec) zulässig. Bei einem System der Klasse 1 ist eine Plausibilitätsprüfung zwischen zwei benachbarten Kameras empfohlen.

7.6.8 Funktionstest

Der Funktionstest wird optimalerweise mit einem Auto mit belagsähnlicher Farbe (z. B. verkehrsgrau / RAL 7043) und minimaler Grösse ohne Licht am Fahrzeug durchgeführt. Ein Testfahrer fährt gegen die normale Fahrriichtung den überwachten Bereich mit der maximal zulässigen Geschwindigkeit ab. Im Tunnel sind die Tests bei ungünstigsten Beleuchtungsverhältnissen, die während dem normalen Tunnelbetrieb vorkommen können, durchzuführen. Die minimale Beleuchtungsdichte gemäss Vorgabe ASTRA darf aber nicht unterschritten werden. Der Falschfahrer muss von jeder Kamera mit Falschfahrerererkennung erkannt werden. Es sind keine Falschalarme oder Detektionsfehler zulässig.

7.6.9 Stau (Verkehrszustand) Anforderungen

Die Detektion eines Staus wird für die Tunnel-, die Portal- und die freie Zone obligatorisch gefordert. Die maximale Erfassungsdistanz für das Ereignis Stau darf 1.5 km sein. Es wird jedoch empfohlen, jedes Kamerabild auf das Ereignis Stau zu analysieren. Es muss aber möglich sein, logische Folgemeldungen von benachbarten Kameras zu unterdrücken.

Der Stau kann, basierend auf Verkehrsdaten oder einem speziell für die Staudetektion ausgelegten Algorithmus, detektiert werden. Das entsprechende Staukriterium muss parametrierbar sein, so dass eine Feineinstellung während dem Probetrieb möglich ist. Im Allgemeinen sollte das Staukriterium auf den Faktoren Verkehrsdichte (Belegung), Verkehrsstärke und Geschwindigkeit basieren. Es wird empfohlen, höchstens drei Kategorien für den Verkehrszustand zu definieren. Diese sind in der nachfolgenden Tabelle beschrieben.

Verkehrszustand		Beschreibung
Normal	obligatorisch	der Verkehr fließt normal
Staugefahr	empfohlen	der Verkehr fließt stockend
Stau	obligatorisch	der Verkehr ist gestaut

Tabelle 15 Einteilung des Verkehrszustandes in drei Kategorien

Das Ereignis Stau muss bei einem System der Klasse 2 spätestens nach 30 Sekunden detektiert werden. Eine schnellere Detektion ist aus Sicherheitsaspekten nicht erforderlich. Bei einem System der Klasse 1 sind höhere, situationsspezifische Detektionszeiten zulässig (max. 60 sec). Bei einem System der Klasse 1 ist eine Plausibilitätsprüfung zwischen zwei benachbarten Kameras empfohlen.

7.6.10 Funktionstest

Es wird empfohlen, auf einen Funktionstest zu verzichten und während dem Probetrieb die Funktion zu prüfen und die Feinparametrierung durchzuführen.

7.6.11 Gegenstand Anforderung

Die Detektion von fahrbahnfremden Gegenständen wird für die Tunnel-, die Portal- und die freie Zone empfohlen. Es muss vorgängig festgelegt werden, welche Objektgröße und -form zu detektieren ist. Diese Größe bestimmt den Abstand, die Anordnung und Technik der Kameras. Beispiele für Gegenstände sind:

- Kartonkiste von 0.5 m Kantenlänge
- PKW/LKW Rad
- Bremskeil

Für diese Objekte ist eine lückenlose Überwachung nicht empfohlen. Der entsprechende Kameraabstand von weniger als 50 Meter ist zu klein. Für eine zuverlässige Erkennung müssen mindestens 50 Pixel der Sensorfläche durch den Gegenstand abgedeckt werden.

Es wird empfohlen, dass pro Kamerabild mehrere Detektionsfelder parametrierbar werden können, so dass eine Unterscheidung von Objekten auf der Fahrbahn oder auf dem Standstreifen möglich ist. Dies ermöglicht unter anderem eine unabhängige Priorität die-

ser Meldungen.

Das Ereignis „Gegenstand“ muss bei einem System der Klasse 2 spätestens nach 15 Sekunden detektiert werden. Bei einem System der Klasse 1 sind höhere, situationsspezifische Detektionszeiten (max. 60 sec) zulässig. Bei einem System der Klasse 1 wird empfohlen eine Plausibilitätsprüfung durchzuführen, indem man dem detektierten „Gegenstand“ ein normal fahrendes Objekt zuordnen können muss (verlorene Ladung).

7.6.12 Funktionstest

Von einem fahrenden Fahrzeug werden die definierten Objekte geworfen, so dass sie bei maximaler Detektionsdistanz zur Kamera zu liegen kommen. Im Tunnel sind die Tests bei ungünstigsten Beleuchtungsverhältnissen, die während dem normalen Tunnelbetrieb vorkommen können, durchzuführen. Die minimale Beleuchtungsstärke gemäss Vorgabe ASTRA darf aber nicht unterschritten werden. Der Gegenstand muss von jeder Kamera und in jedem definierten Bereich erkannt werden. Es sind keine Detektionsfehler erlaubt.

7.6.13 Nischenbelegung

Anforderung

Das Erkennen der Belegung der Nischen wird für die Tunnel-, die Portal- und die freie Zone empfohlen. Es sollte je eine Kamera pro Nische installiert werden.

Es müssen als Fahrzeug neben üblichen PW und LW auch kleinere Zweiplatz-Autos (1.5m x 2.5m) erkannt werden. Fahrzeuge von der Grösse von Motorrädern müssen bei Bedarf explizit gefordert werden.

Das Ereignis „Nischenbelegung“ muss bei einem System der Klasse 2 spätestens nach 20 Sekunden detektiert werden. Bei einem System der Klasse 1 sind höhere, situationsspezifische Detektionszeiten (max. 60 sec) zulässig.

7.6.14 Funktionstest

Der Funktionstest wird optimalerweise mit einem Auto mit belagsähnlicher Farbe (z. B. verkehrsgrau / RAL 7043) und minimaler Grösse durchgeführt. Ein Testfahrer stoppt in jeder Nische mit minimaler und maximaler Distanz zur Kamera. In Tunnel sind die Tests bei ungünstigsten Beleuchtungsverhältnissen, die während dem normalen Tunnelbetrieb vorkommen können, durchzuführen. Die minimale Beleuchtungsstärke gemäss Vorgabe ASTRA darf aber nicht unterschritten werden. Die Nischenbelegung muss ohne Detektionsfehler erkannt werden.

7.6.15 Standstreifenbelegung

Anforderung

Das Erkennen der Belegung des Standstreifens wird für die Tunnel-, die Portal- und die freie Zone empfohlen. Bei Systemen der Klasse 1 sollte die Installation von separaten Kameras nur für die Überwachung des Standstreifens vorgesehen werden.

Es müssen als Fahrzeug neben üblichen PW und LW auch kleinere Zweiplatz-Autos (1.5m x 2.5m) erkannt werden. Fahrzeuge von der Grösse von Motorrädern müssen bei Bedarf explizit gefordert werden. Die Geschwindigkeit eines als auf dem Standstreifen stehend erkannten Fahrzeuges soll parametrierbar sein. Eine Klassifizierung in stehend und langsam fahrend ist empfohlen, um eine eventuell notwendige Plausibilitätsprüfung zur Verbesserung der Detektionszuverlässigkeit zu ermöglichen.

Das Ereignis Standstreifenbelegung muss bei einem System der Klasse 2 spätestens nach 20 Sekunden detektiert werden. Bei einem System der Klasse 1 sind höhere, situationsspezifische Detektionszeiten (max. 60 sec) zulässig.

7.6.16 Funktionstest

Der Funktionstest wird optimalerweise mit einem Auto mit belagsähnlicher Farbe (z.B. verkehrsgrau / RAL 7043) und minimaler Grösse durchgeführt. Ein Testfahrer stoppt bei jeder Kamera auf dem Standstreifen am Anfang, an der Mitte und am Ende des Auswertebereiches der Kamera. In Tunnel sind die Tests bei ungünstigsten Beleuchtungsverhältnissen, die während dem normalen Tunnelbetrieb vorkommen können, durchzuführen. Die minimale Beleuchtungsdichte gemäss Vorgabe ASTRA darf aber nicht unterschritten werden. Die Standstreifenbelegung muss ohne Detektionsfehler erkannt werden.

7.6.17 Fussgänger Anforderung

Das Erkennen von Fussgängern wird für die Tunnel-, die Portal- und die freie Zone empfohlen. Diese Grösse bestimmt den Abstand, die Anordnung und Technik der Kameras. Die Person muss mindestens 50 Pixel auf der Sensorfläche ausfüllen, damit sie zuverlässig erkannt werden kann.

Das Ereignis Fussgänger muss bei einem System der Klasse 2 spätestens nach 30 Sekunden detektiert werden. Bei einem System der Klasse 1 sind höhere, situationspezifische Detektionszeiten (max. 60 sec) zulässig.

7.6.18 Funktionstest

Es wird empfohlen, den Funktionstest zusammen mit dem Test des Ereignisses stehendes Fahrzeug durchzuführen. Ein Testfahrer stoppt bei jeder Kamera am Anfang, in der Mitte und am Ende des Auswertebereiches jeder Kamera und steigt aus dem Auto. Es müssen beide Ereignisse korrekt erkannt werden. Es sind keine Detektionsfehler erlaubt.

7.6.19 Detektionsrate

Es sind folgende minimalen Anforderungen bezüglich der Detektionsrate in Abhängigkeit der Qualitätsklasse zu erfüllen:

Klasse	Detektionsrate
Klasse 1	99%
Klasse 2	90%

Tabelle 16 Minimale Anforderungen an die Detektionsrate

Für den Nachweis der Detektionsrate sind folgende Punkte zu beachten:

- Die Detektionsrate muss für jedes Ereignis unabhängig bestimmt werden. Ausser für das Ereignis Stau wird empfohlen, die Detektionsrate im Rahmen der Funktionstests zu bestimmen.
- Für die statistisch abzusichernden Messdaten soll eine Binomialverteilung angenommen werden. Die nachfolgende Tabelle zeigt die Anzahl Messungen, um eine statistisch abgesicherte Angabe der Detektionsrate in Abhängigkeit deren und der Genauigkeit machen zu können.
- Für die Bestimmung der Detektionsrate für Stau werden Testmethoden gemäss TLS empfohlen.

	Genauigkeit : Signifikanzniveau Z / Quartil		
	0.90	0.95	0.99
Detektionsrate E			
E	1.64	1.96	2.58
0.80	44	62	107
0.85	62	88	151
0.90	98	139	239
0.95	206	292	505
0.97	350	497	859
0.98	531	753	1301
0.99	1072	1522	2628

Tabelle 17 Benötigte Messungen in Funktion der nachzuweisenden Detektionsrate und der Messgenauigkeit.

Auf Grund des hohen Testaufwands ist der Nachweis der Detektionsrate nicht empfohlen.

7.6.20 Probetrieb

Nach dem Funktionstest ist ein Probetrieb vorzusehen. Der Probetrieb dauert ein Jahr. Während dem Probetrieb sind erhöhte Falschalarmraten erlaubt. Ggf. sind Massnahmen zur Reduktion der Auswirkungen (Unterdrückung von Meldungen und/oder Reflexen) vorzusehen. Die Aufzeichnung der Ereignisse erfolgt gemäss den allgemeinen Anforderungen für die Ereignisarchivierung (siehe Abschnitt 7.6.4). Am Ende des Probetriebs muss die Detektion aller archivierten Ereignisse erneut geprüft werden um sicherzustellen, dass die Detektionsschwellen korrekt parametrisiert sind. Dabei dürfen nur die akzeptierten Falschalarme aber keine Detektionsfehler auftreten.

Nach dem Probetrieb sollte die vereinbarte Falschalarmrate erreicht werden. Es wird empfohlen, für Systeme der Klasse 2 folgende Falschalarmrate zu definieren.

Es werden zwei Faktoren spezifiziert. Einerseits soll die Anzahl Falschalarme (FA) definiert werden, die pro Woche erlaubt sind, falls keine Ereignisse eintreten (FAoE), Andererseits soll ein Faktor (Q) definiert werden, welcher das Verhältnis zwischen der Anzahl Falschalarmen und der Anzahl Echtereignissen definiert. Die Anzahl Falschalarme pro Woche soll dann folgender Anforderung genügen:

$$FA \leq FAoE + Q * E \quad (3)$$

Die Anzahl Falschalarme pro Woche ohne Echtereignisse skaliert linear zur Systemtopologie (Anzahl Kameras) und des Verkehrsaufkommens. Für ein Referenzsystem mit 50 Kameras und einem Verkehrsaufkommen von 5000 Fahrzeugen pro Tag ist ein Wert von max. 5 Falschalarmen pro Woche empfohlen. Der Faktor Q darf unabhängig von der Systemtopologie und des Verkehrsaufkommens nicht grösser als 0.1 gewählt werden.

Aus diesen Annahmen resultiert die nachfolgende Grafik. Die Falschalarmrate ist über eine Zeitspanne von vier Wochen zu messen. Raten im unteren Bereich erfüllen das spezifizierte Kriterium für das Referenzsystem.

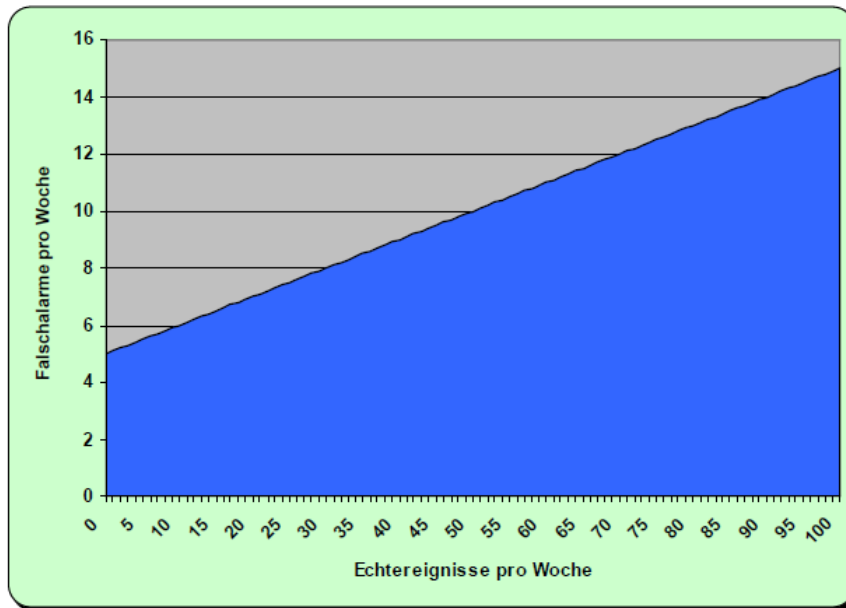


Abbildung 14 Erlaubte Falschalarme in Abhängigkeit der Ereignisse bei $FAoE=5$ und $Q=0.1$

Da Falschalarme oft situationsspezifisch sind wird empfohlen, eine Abschätzung der Falschalarmrate mit Einbezug der Örtlichkeit, Beleuchtungsverhältnissen, Kameratechnik und –anordnung vorgängig während der Detailplanung zu machen und realistische Werte für die Parameter $FAoE$ und Q zu wählen.

Für Systeme der Klasse 1a/b sind projektspezifische Anforderungen zu definieren. Je nach Art und Weise der vollautomatischen Betriebseinwirkung ist eine sehr hohe (kein Falschalarm während der ganzen Lebensdauer des Systems) oder eine Falschalarmrate gemäss Klasse 2 mit strengerer Parametrierung zu definieren.

7.6.21 Analyse, Bewertung und Massnahmen

Während dem Probetrieb sind alle Ereignisdaten mind. quartalsweise zu analysieren, zu bewerten und ggf. Massnahmen zu ergreifen. Dabei sind alle Ereignisse zu prüfen, ob es sich um ein Echtereignis oder um einen Falschalarm handelt. Bei Falschalarmen sind die Ursachen zu analysieren und mit den berücksichtigten Umwelteinflüssen gemäss der im Abschnitt 5.5 und nachfolgend erläuterten Methodik zu bewerten.

In einer Lernphase des Systems wird die Anzahl Falschalarme in Abhängigkeit des berücksichtigten Einflusses aufgezeichnet. Es dürfen dabei nur die Falschalarme berücksichtigt werden, welche durch den gemessenen Einfluss direkt oder indirekt verursacht sind. Die Skalierung des Einflusses ist abhängig vom Einfluss selbst und vom Messgerät. Ein Beispiel ist durch die nachfolgende Tabelle gegeben:

Einfluss	A	B	C	D
Anzahl Falschalarme	0	1	9	10

Tabelle 18 Anzahl Falschalarme wegen eines beliebigen Einflusses in Abhängigkeit der Skalierung (A-D) des Einflusses.

Aus dem Beispiel folgt, falls der Einfluss die Stufe C oder D erreicht, ist die Anzahl Falschalarme erhöht. Man akzeptiert die erhöhte Falschalarmrate und somit die verminderte Zuverlässigkeit des Systems oder man unterdrückt die Meldungen bei Stufe C+D

und akzeptiert die verminderte umweltbedingte Verfügbarkeit des Systems.

7.6.22 Betrieb

Die Anforderungen müssen während der ganzen garantierten Lebensdauer eingehalten werden. Es wird empfohlen, periodisch die Falschalarmrate zu prüfen. Bei Systemen ohne Bildspeicher wird empfohlen, einen reduzierten Bildspeicher zu installieren, um die Falschalarmrate zu prüfen.

8 Schlussfolgerungen

Die Grundlagen für eine Norm bezüglich Qualitätsanforderungen und Testkriterien für die automatische Verkehrszustandserfassung im Strassenverkehr mit digitaler Bildtechnik wurden erarbeitet.

Verschiedene Verkehrsinformationen können mittels Bildauswertung zuverlässig erfasst werden. Dabei unterscheidet man zwischen Verkehrs- und Ereignisdaten. Die Verkehrsdaten umfassen Geschwindigkeit, Verkehrsdichte, –stärke und Ähnliches. Die Ereignisdaten umfassen alle ungewöhnlichen und primär nicht erwünschten Ereignisse im Strassenverkehr wie stehendes Fahrzeug, Stau oder Brand im Tunnel.

Es hat sich gezeigt, dass Anforderungen und Prüfkriterien für Verkehrsdaten durch die „Technische Lieferbedingungen für Streckenstationen“ (TLS) vom BASt sehr genau definiert sind. Zusätzlich hat das ASTRA die Richtlinie VM-CH [9] veröffentlicht, welche auch diesbezügliche Anforderungen definiert. Diese Richtlinie ist neu und konnte in dieser Arbeit nicht im Detail berücksichtigt werden. Da jedoch diese Richtlinie als relevant erachtet wird, ist sie an dieser Stelle erwähnt. Anforderungen und Prüfkriterien für Ereignisdaten waren hingegen bis anhin ungenügend spezifiziert. In der vorliegenden Arbeit wurde nun ein Anforderungs- und Prüfungskatalog erarbeitet, welcher als Hilfsmittel für zukünftige Projektierungen, Ausschreibungen und Realisierungen solcher Anlagen dienen kann.

Es wird eine Prüfung des BAS in vier Phasen Evaluation, Funktionsprüfung, Probetrieb und Kontrolle Betrieb empfohlen. Die Evaluation dient als Selektionsverfahren, um die geeigneten BAS und deren Anbieter ermitteln zu können. Die Evaluation wird in der Regel mit verschiedenen Lieferanten von Bildauswertungssystemen durchgeführt. Als Eingangsdaten müssen Bilddaten zur Verfügung stehen, welche das Zielobjekt gut nachbilden. Eine entsprechende Bibliothek an umfangreichen Videobildern sollte zur Verfügung stehen. Es wird empfohlen, eine entsprechende Forschungsarbeit zu initiieren, in welcher in Zusammenarbeit mit führenden Herstellern von BAS eine geeignete Bibliothek erarbeitet wird. Die Funktionsprüfung dient der systematischen Prüfung sämtlicher berücksichtigten Ereignisse des Bildauswertungssystems eingebettet im Gesamtsystem. Der Qualitätsnachweis erfolgt primär durch den Probetrieb. Für den Qualitätsnachweis wird ein Kriterium auf der Basis von der maximalen Anzahl zulässiger Falschalarme pro Woche vorgeschlagen. Dabei wird zwischen einer Falschalarmkomponente unterschieden, welche konstant ist, und einer, welche mit der Anzahl Echtereignisse skaliert. Ein Nachweis auf der Basis einer Detektionsrate wird auf Grund der Anzahl benötigten Testdaten als nicht zweckmässig erachtet.

Es konnte ebenfalls aufgezeigt werden, dass mittels Plausibilitätsprüfung und Berücksichtigung von externen Einflüssen die Zuverlässigkeit von Bildauswertungssystemen bedeutend verbessert werden kann. Im Allgemeinen wird empfohlen, externe Einflüsse über die Bildqualität zu messen. Dabei erfolgt die Bewertung, ob das System auf Grund externer Einflüsse verfügbar ist, in einer Lernphase während dem Probetrieb. Auf Kosten der verminderten Verfügbarkeit kann also die Falschalarmrate verkleinert und die Zuverlässigkeit erhöht werden.

Anhänge

I	Anhänge.....	57
I.1	Abkürzungen	57
I.2	Zusammenstellung diverser Unterlagen	58
I.3	Literaturverzeichnis	61

I Anhänge

I.1 Abkürzungen

ASFiNAG	Autobahnen und Schnellstrassen-Finanzierungs-Aktiengesellschaft
ASTRA	Bundesamt für Strassen
ATM	Asynchronous Time Multiplexing
BAE	Bildauswertungseinheit
BAS	Bildauswertungssystem
BASt	Bundesanstalt für Strassenwesen
BS	Bildspeicher
CCD	Charge-Coupled Device
CEN	Comité Européen de Normalisation
CIF	Common Intermediate Format
CMOS	Complementary-Metal-Oxide-Semiconductor
CORDIS	Community Research & Development Information Service
DARPA	Defense Advanced Research Projects Agency
HLS	Hochleistungsstrasse
HVS	Hauptverkehrsstrasse
IDN	Integrated Day and Night (IDN-Kamera)
IEC	International Electrotechnical Commission
IP	Internet Protocol
LW	Lastwagen
METAS	Bundesamt für Metrologie
PW	Personenwagen
RABT	Richtlinien für die Ausstattung und den Betrieb von Strassentunnels
RVS	Richtlinien und Vorschriften für den Straßenbau
SN	Schweizer Norm
TCP	Transfer Control Protocol
TLS	Technische Lieferbedingungen für Streckenstationen
VQEG	Video Quality Expert Group
VSS	Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute
VTV	Verkehrs-TV, Verkehrsfernsehen

I.2 Zusammenstellung diverser Unterlagen

Diese Zusammenstellung ist vom Strassenwetterdienst, Eidgenössisches Departement des Innern, EDI Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie (MeteoSchweiz).

VAISALA Oberflächenzustand Messung		
Code	Stichwort	Beschreibung
	trocken	trockener Asphalt
	feucht	dunkler Asphalt
	nass	glitzender, spritzender Asphalt
	nass - gestreut	nass mit Enteisungslösung
	Reif	Reifbeschlag erkannt
	Schnee	Schneefall und Feuchtigkeit auf der Strasse detektiert
	Eis	monokristallines Eis erkannt durch gefrorenes Wasser
	trocken – gestreut	Oberfläche trocken, aber Restmenge des Enteisungsmittels erkannt
VAISALA Alarme		
	Regenwarnung	Niederschlag (Regen oder Schnee) gemessen bei Belagstemperatur nahe am oder unter dem Gefrierpunkt
	Frostwarnung	Belagstemperatur ist negativ und unter der Taupunkttemperatur, Reif ist vorhanden oder wird demnächst erwartet
	Eiswarnung	Vereisung wird in kurzer Zeit erfolgen, wenn der momentane Trend weitergeht
	Eisalarm	Belagstemperatur ist am oder unter dem Gefrierpunkt, es hat Eis oder wird in kurzer Zeit vereisen
Boschung GFS Oberflächenzustand Messung		
-	trocken	keine Nässe auf der Fahrbahn
F	feucht	schwach feucht
F1	feucht 1	mässig nass
F2	feucht 2	nass
Boschung GFS Alarme		
A1	Winterbedingungen	Strasse feucht und TLuft oder TBoden unter null Grad
A2	Vorwarnung	Differenz zwischen TBoden und Gefrierpunkt kleiner als 2 Grad
A3	Glatteis	vereiste Strassenoberfläche
SWIS-BUFR (DWD Strassen-Beobachtungscode)		
0	trocken	
1	feucht	
2	nass	
3	Reif	
4	Schnee	
5	Eis	
6	Glätte	Schnee, Eis oder Reif ohne Unterscheidung
7	nicht trocken	nicht trocken und nicht glatt, ohne Unterscheidung

	keine Alarmer	
WINDS Oberflächenzustand Messung (Sonde SCAN FP 2000)		
0	trocken	
1	trocken (?)	evtl. trocken mit leichtem Feuchteanteil
2	feucht	
3	feuchtnass	
4	nass	
5	Schneeglätte	
6	Reifglätte	
7	Glatteis	
8	Eisglätte	
9	unterkühlt	
WINDS Alarmer		
1	Schneeglätte	
2	Reifglätte	
3	Glatteis	
4	Eisglätte	
5	unterkühlte Fahrbahn	
6	Schneeregen	
7	Schnee	
8	Glätte aus Nebel	
9	niedrige Sichtweite	

Beaufortskala für Wind

Die Beaufortskala (nach Sir. F. Beaufort) wurde im Jahre 1806 eingeführt und ist die bekannte Skala für die Windstärke. Sie stellt die Windstärken in Bezug zu typischen Auswirkungen auf dem Land und auf dem Meer. Die untenstehende Tabelle zeigt die vollständige Beaufortskala:

Beaufort-grad	Bezeichnung	Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe (Knoten, m/s, km/h)	Auswirkungen des Windes im Binnenland	Auswirkungen des Windes auf See
0	still	<1 / 0-0,2 / <1	Windstille; Rauch steigt senkrecht empor.	spiegelglatte See
1	leiser Zug	1-3 / 0,3-1,5 / 1-5	Windrichtung angezeigt nur durch den Zug des Rauches, aber nicht durch Windfahnen	kleine, schuppenförmig aussehende Kräuselwellen ohne Schaumkämme
2	leichte Brise	4-6 / 1,6-3,3 / 6-11	Wind am Gesicht fühlbar; Blätter säuseln; gewöhnliche Windfahnen vom Winde bewegt	kleine, schuppenförmig aussehende Kräuselwellen ohne Schaumkämme
3	schwache Brise	7-10 / 3,4-5,4 / 12-19	Blätter und dünne Zweige in dauernder Bewegung; der Wind streckt einen Wimpel	Die Kämme beginnen sich zu brechen. Der Schaum ist glasig. Vereinzelt können kleine weiße Schaumköpfe auftreten.

4	mäßige Brise	11-16 / 5,5-7,9 / 20-28	hebt Staub und loses Papier; dünne Äste werden bewegt	Die Wellen sind zwar noch klein, werden aber länger. Weiße Schaumköpfe treten schon ziemlich verbreitet auf.
5	frische Brise	17-21 / 8,0-10,7 / 29-38	kleine Laubbäume beginnen zu schwanken; auf Seen bilden sich kleine Schaumkämme	Mäßige Wellen, die eine ausgeprägte lange Form annehmen. Weiße Schaumkämme bilden sich in großer Zahl (vereinzelt kann schon etwas Gischt vorkommen).
6	starker Wind	22-27 / 10,8-13,8 / 39-49	starke Äste in Bewegung; Pfeifen in Telegrafendrähten; Regenschirme schwierig zu benutzen	Die Bildung großer Wellen beginnt. Überall treten ausgedehnte weiße Schaumkämme auf (üblicherweise kommt Gischt vor).
7	steifer Wind	28-33 / 13,9-17,1 / 50-61	ganze Bäume in Bewegung; fühlbare Hemmung beim Gehen gegen den Wind	Die See türmt sich. Der beim Brechen der Wellen entstehende Schaum beginnt sich in Streifen in Windrichtung zu legen.
8	stürmischer Wind	34-40 / 17,2-20,7 / 62-74	bricht Zweige von den Bäumen; erschwert erheblich das Gehen	Mäßig hohe Wellenberge von beträchtlicher Länge; Die Kanten der Kämme beginnen zu Gischt zu verwehen. Der Schaum legt sich in gut ausgeprägten Streifen in Windrichtung.
9	Sturm	41-47 / 20,8-24,2 / 75-88	kleinere Schäden an Häusern (Rauchhauben und Dachziegel werden heruntergeworfen)	Hohe Wellenberge; dichte Schaumstreifen in Windrichtung. Das bekannte "Roller" der See beginnt. Der Gischt kann die Sicht beeinträchtigen.
10	schwerer Sturm	48-55 / 24,5-28,4 / 89-102	kommt im Binnenland selten vor; Bäume werden entwurzelt; bedeutende Schäden an Häusern	Sehr hohe Wellenberge mit langen Kämmen. Die entstehenden Schaumflächen werden in so dichten weißen Streifen in Richtung des Windes geweht, daß die Meeresoberfläche im Ganzen weiß aussieht. Das Rollen der See wird schwer und stoßartig. Die Sicht ist beeinträchtigt.
11	orkanartiger Sturm	56-63 / 28,5-32,6 / 103-117	kommt im Binnenland sehr selten vor; begleitet von verbreiteten Sturmschäden	Außergewöhnlich hohe Wellenberge (kleine und mittelgroße Schiffe können zeitweise hinter den Wellenbergen aus der Sicht verloren werden). Die See ist vollständig von den langen weißen Schaumflächen bedeckt, die in Richtung des Windes verlaufen. Überall werde die Kanten der Wellenkämme zu Gischt verweht. Die Sicht ist herabgesetzt.
12	Orkan	>63 / >32,6 / >117	-	Die Luft ist mit Schaum und Gischt angefüllt. Die See ist vollständig weiß von treibender Gischt. Die Sicht ist sehr stark herabgesetzt.

I.3 Literaturverzeichnis

- [1] VSS SN 671 971, „Automatische Kontrollanlagen mit digitaler Bildtechnik im Strassenverkehr“, August 2004
- [2] VSS SN 671 972, „Automatische Verkehrszustandserfassung im Strassenverkehr mit digitaler Bildtechnik“, August 2005
- [3] VSS SN 671 831, „Strassenverkehrstelematik Grundlagennorm“, November 1999
- [4] VSS SN 640 017, „Leistungsfähigkeit, Verkehrsqualität, Belastbarkeit“, Dezember 1998
- [5] VSS SN 640 018, „Leistungsfähigkeit, Verkehrsqualität, Belastbarkeit“, Juli 2006
- [6] VSS SN 640 040b, „Projektierung, Grundlagen, Strassentypen“, April 1992
- [7] ASTRA Bundesamt für Strassen, Richtlinie Verkehrsfernsehen (VTV), Bereinigter Entwurf Version 0.5, 2001
- [8] ASTRA Bundesamt für Strassen, Richtlinie Branddetektion in Strassentunneln, Ausgabe Version 2.02, 2007
- [9] ASTRA Bundesamt für Strassen, Richtlinie Verkehrsmanagement in der Schweiz VM-CH, Ausgabe Version 1.00, 2008
- [10] G.L. Foresti, P. Mähönen, C.S. Regazzoni, „Multimedia video-based surveillance systems: requirements, issues and solutions“, Kluwer Academic Publishers, 2000
- [11] EDÖB Eidgenössischer Datenschutz- und Öffentlichkeitsbeauftragter, „Videoüberwachung durch private Personen“, Januar, 2006
- [12] Österreichische Forschungsgemeinschaft Strasse und Verkehr, „Betriebs- und Sicherheitseinrichtungen Tunnelausrüstung RVS 9.282“, 2001
- [13] ASFiNAG, „Videobasierende Detektionssysteme, Planungsvorgaben und Technische Spezifikationen“, Layoutversion 3.0, Juli, 2007
- [14] Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, „Richtlinien für die Ausstattung und den Betrieb von Strassentunnels (RABT)“, Ausgabe 2003
- [15] A. Haack, J. Schreyer, M. Grünewald, B. Steinauer, M. Brake, G. Mayer, „Brand- und Störfalldetektion in Strassentunneln – Vergleichende Untersuchungen“, Bundesministerium für Verkehr, Oktober, 2005
- [16] EJPD, „Mehr Sicherheit an öffentlichen Orten: Rechtliche Lücken im Bereich der Videoüberwachung sollen geschlossen werden“, Medienmitteilung, 28.9.2007
- [17] EPFL, Institute für Signalverarbeitung, <http://ltswww.epfl.ch>
- [18] MODEST Project, <http://cordis.europa.eu/infowin/acts/rus/projects/ac304.htm>
- [19] RAPP AG, „Systeme für die automatische Verkehrskontrolle mit digitaler Bildtechnik“, 2006
- [20] B+S Ingenieur AG und Amstein+Walthert AG, „Systeme für die automatische Verkehrsüberwachung (Monitoring) mit digitaler Bildverarbeitung“, Forschungsauftrag VSS 1999/265, 2006

- [21] Bundesanstalt für Strassenwesen (BASt), „Technische Lieferbedingungen für Streckenstationen (TLS)“, Gladbach, Juli, 2002
- [22] Bundesanstalt für Strassenwesen (BASt), „Brandversuche in Strassentunnels - Vereinheitlichung der Durchführung und Auswertung“, Gladbach, September, 2007
- [23] B. Rinner, H. Bischof, M. Bramberger, A. Doblander, A. Maier, R. Pflugfelder, H. Schwabach, „Eine intelligente Kamera zur Verkehrsüberwachung“, Bulletin SEV/VSE, 19-23, November, 2004
- [24] Markus Quaritsch, et.al., „Autonomous Multicamera Tracking on Embedded Smart Cameras“, Hindawi Publishing Corporation, Journal of Embedded Systems, Volume 2007, Article ID 92827, 2007
- [25] EU, Richtlinie 2004/54/EG des Europäischen Parlaments und des Rates, April, 2004
- [26] A. J. Lipton, C. H. Hearwell, N. Haering, and D. Madden, “Critical Asset Protection, Perimeter Monitoring, and Threat Detection Using Automated Video Surveillance”, Whitepaper, Techrepublic, March 2004
- [27] U.S. Department of Transportation, “Traffic Monitoring Guide”, May 1, 2001
- [28] Urs Belser, “Datenschutzkonformer Videoeinsatz”, Fachkongress an Sicherheitsmesse, Zürich, 2007
- [29] <http://www.cen.eu>
- [30] <http://www.iec.ch>
- [31] <http://cordis.europa.eu>