

Rastanlagen an BAB – Verbesserung der Auslastung und Erhöhung der Kapazität durch Telematiksysteme

**Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Verkehrstechnik Heft V 241

The logo for 'bast' is written in a bold, lowercase, green sans-serif font. The letters are thick and have a slight shadow effect, giving it a three-dimensional appearance. The 'b' is particularly prominent with its rounded bottom.

Rastanlagen an BAB – Verbesserung der Auslastung und Erhöhung der Kapazität durch Telematiksysteme

von

Jessica Kleine
Rainer Lehmann
Jan Lohoff
Lutz Rittershaus

Bundesanstalt für Straßenwesen
Bergisch Gladbach

**Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Verkehrstechnik Heft V 241

bast

Die Bundesanstalt für Straßenwesen veröffentlicht ihre Arbeits- und Forschungsergebnisse in der Schriftenreihe **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen**. Die Reihe besteht aus folgenden Unterreihen:

- A - Allgemeines
- B - Brücken- und Ingenieurbau
- F - Fahrzeugtechnik
- M - Mensch und Sicherheit
- S - Straßenbau
- V - Verkehrstechnik

Es wird darauf hingewiesen, dass die unter dem Namen der Verfasser veröffentlichten Berichte nicht in jedem Fall die Ansicht des Herausgebers wiedergeben.

Nachdruck und photomechanische Wiedergabe, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung der Bundesanstalt für Straßenwesen, Stabsstelle Presse und Öffentlichkeitsarbeit.

Die Hefte der Schriftenreihe **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen** können direkt bei der Carl Schünemann Verlag GmbH, Zweite Schlachtpforte 7, D-28195 Bremen, Telefon: (04 21) 3 69 03 - 53, bezogen werden.

Über die Forschungsergebnisse und ihre Veröffentlichungen wird in der Regel in Kurzform im Informationsdienst **Forschung kompakt** berichtet. Dieser Dienst wird kostenlos angeboten; Interessenten wenden sich bitte an die Bundesanstalt für Straßenwesen, Stabsstelle Presse und Öffentlichkeitsarbeit.

Ab dem Jahrgang 2003 stehen die **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt)** zum Teil als kostenfreier Download im elektronischen BASt-Archiv ELBA zur Verfügung.
<http://bast.opus.hbz-nrw.de>

Impressum

Bericht zum Forschungsprojekt F1100.6510002:
Telematiksysteme zur Verbesserung der streckenbezogenen Auslastung und Erhöhung der Kapazität von Rastanlagen an BAB - Maßnahmenkatalog

Herausgeber

Bundesanstalt für Straßenwesen
Brüderstraße 53, D-51427 Bergisch Gladbach
Telefon: (0 22 04) 43 - 0
Telefax: (0 22 04) 43 - 674

Redaktion

Stabsstelle Presse und Öffentlichkeitsarbeit

Druck und Verlag

Fachverlag NW in der
Carl Schünemann Verlag GmbH
Zweite Schlachtpforte 7, D-28195 Bremen
Telefon: (04 21) 3 69 03 - 53
Telefax: (04 21) 3 69 03 - 48
www.schuenemann-verlag.de

ISSN 0943-9331
ISBN 978-3-95606-105-9

Bergisch Gladbach, August 2014

Kurzfassung – Abstract

Rastanlagen an BAB – Verbesserung der Auslastung und Erhöhung der Kapazität durch Telematiksysteme

Erhebungen im Auftrag des damaligen Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) im März 2008 belegten, dass auf und an den Bundesautobahnen etwa 14.000 Lkw-Parkstände fehlen. Neben der baulichen Schaffung neuer Parkstandkapazitäten fördert das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) auch den Einsatz telematischer Systeme zur besseren Auslastung und Kapazitätserhöhung auf Rastanlagen. Auch aufgrund unregelmäßiger Nachfrage ist ein Verteilen der Nachfrage innerhalb eines Streckenabschnitts erforderlich. Dies kann durch den Einsatz von Telematik geleistet werden.

Zur Ermittlung der Belegung der Rastanlagen auf einem Streckenabschnitt werden diese mit Detektionstechnik ausgerüstet. Die detektierten Daten über die Belegung von Lkw-Parkständen werden zu Informationen aufbereitet. Diese Parkinformationen können über verschiedene Kommunikationswege (z. B. über elektronische Anzeigen an der Autobahn oder das Internet) den Lkw-Fahrern sowie den Logistikunternehmen übermittelt werden. Für die Güterverkehrsbranche bedeutet dies eine verbesserte Planbarkeit der Lenk- und Ruhezeiten der Lkw-Fahrer. Gleichzeitig soll mittels Parkinformationen eine gleichmäßigere Auslastung des Parkangebots an Bundesautobahnen (BAB) erzielt und somit das Auftreten gefährlicher Situationen durch verkehrsgefährdend abgestellte Fahrzeuge in den Zufahrten von Rastanlagen verhindert werden. Insgesamt ist somit von einer Erhöhung der Sicherheit für alle Verkehrsteilnehmer auf den BAB auszugehen.

Bewährte Detektoren, wie Induktivschleifen, stehen auf Rastanlagen vor neuen Herausforderungen. Hierfür bedurfte es neuer technischer Entwicklungen, welche die besonderen Randbedingungen auf einer Rastanlage und die Anforderungen an die Informationsqualität von Parkinformationen berücksichtigen. Neue Detektoren wurden im Rahmen von Pilotprojekten der Bundesländer erprobt.

Die Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) hat die Pilotprojekte unter wissenschaftlichen Gesichtspunkten mit dem Fokus einer zukünftigen Evaluierung begleitet. Dazu wurde ein einheitliches Bewertungsverfahren für Telematiksysteme auf Rastanlagen entwickelt. Das Bewertungsverfahren erlaubt – im Gegensatz zu Prüfungen gemäß Technischen Lieferbedingungen für Streckenstationen (TLS) –, den Fokus auf

die Bewertung des Gesamtkonzeptes zu legen, d. h., das Zusammenspiel aus Detektion, Steuerungsverfahren und Kommunikation zum Verkehrsteilnehmer kann systematisch analysiert werden.

Ergebnis bisheriger Tätigkeiten der BASt ist weiterhin die Entwicklung eines neuen Steuerungsverfahrens „Kompaktparken“, welches das vorhandene Spektrum telematischer Systeme auf Rastanlagen sinnvoll ergänzt. Kompaktparken basiert auf der Idee, durch zeitliches Sortieren mehr parkende Fahrzeuge auf der Rastanlage zu platzieren, die Flächen von Fahrgassen einzusparen und geordnetes, sicheres Parken zu unterstützen.

Als Koordinierungsstelle der deutschen Location Code List und Mitglied in der internationalen Traveller Information Services Association (TISA) unterstützt die BASt die Weiterentwicklung von Diensten zur Bereitstellung von Parkinformationen in die Fahrzeuge.

Der vorliegende Bericht fasst den Stand der gewonnenen Erkenntnisse über Maßnahmen zur Auslastung und Erhöhung der Kapazität von Rastanlagen an BAB zusammen. Der Bericht basiert auf Literaturrecherchen, eigenen Untersuchungen und Tätigkeiten der BASt sowie Gesprächen mit Betreibern und Anbietern telematischer Systeme für Rastanlagen. Zunächst werden die derzeit eingesetzten Techniken für Detektion und Kommunikation sowie Steuerungsverfahren vorgestellt. Ergänzend werden mögliche, bislang noch nicht für das telematische Lkw-Parken eingesetzte Techniken betrachtet.

Darauf aufbauend wurde ein Konzept entwickelt, wie zukünftig eine intelligente Streckensteuerung wirken kann. Diese soll im Gegensatz zu Parkinformationen für einzelne Rastanlagen die Belegung mehrerer Rastanlagen eines Streckenabschnitts berücksichtigen und Parkempfehlungen für die Nutzer ermöglichen. Dazu wird vom Stand der Technik ausgehend eine mögliche Realisierungsvariante beschrieben und der erforderliche Entwicklungsbedarf aufgezeigt. Vorschläge zur Gestaltung von Parkinformationen runden das Konzept ab.

Es ist beabsichtigt, den Bericht im Sinne eines Maßnahmenkataloges mit fortschreitendem Erkenntnisstand zu aktualisieren. Er soll im Besonderen Betreibern und Diensteanbietern Orientierung bei der Systemgestaltung bieten. Gleichzeitig sollen Entwicklungen im Bereich fahrzeugseitiger Parkinformationen angestoßen werden.

Das Bewertungsverfahren wiederum soll zukünftig eine vergleichende Bewertung von telematischen Systemen auf Rastanlagen ermöglichen und zu einer kontinuierlichen Verbesserung der Systeme beitragen. Zum Zeitpunkt der Berichtslegung stehen die abschlie-

ßenden Ergebnisse der einheitlichen Bewertung der Detektoren in den Pilotprojekten aus und sind mit einer Fortschreibung des Berichts zu ergänzen.

Rest areas on motorways – Improving the utilization and increasing the capacity by intelligent traffic systems

According to an investigation in March 2008 at that time by the Federal Ministry of Transport, Building and Urban Affairs about 14,000 truck parking spaces are missing in the near of motorways in Germany. Beside constructional enlargement of rest areas the Federal Ministry of Transport and Digital Infrastructure (BMVI) encourage the use of intelligent traffic systems (ITS). ITS ought to be used to detect automatically the occupancy rate of rest areas and to provide better demand management and also to achieve an increase of capacity of truck parking spaces.

The occupancy rate of rest areas within a motorway section should be automatically detected by special sensors. The detected data on the availability of truck parking spaces are processed into information. These parking information can be transmitted to the truck drivers and logistics companies through various communication channels (e.g. via electronic displays on the highway or internet). For the freight industry, this means improved ability to plan the driving and rest periods for truck drivers. Furthermore a balanced utilization of rest areas will be achieved on motorways by parking information and the occurrence of dangerous situations with trucks parked in the driveways of rest areas can be prevented. Overall, the safety for all road users can be improved on the motorway.

Tried and tested detectors, such as inductive loops, facing new challenges at rest areas. For this purpose, it required new technical developments which take into account the specific constraints on a rest area and the demands on the information quality of parking information. New detectors have been tested in pilot projects of the federal states.

The Federal Highway Research Institute (BAST) has accompanied the pilot projects from a scientific viewpoint with the focus of a future evaluation. For this purpose, a unified evaluation process for ITS on rest areas was developed. The evaluation process allows – in contrast to tests in accordance with the Technical Delivery Conditions for Roadway Stations (TLS) – to focus on the assessment of the overall concept, i.e. the interaction of the detection, control methods, and communication to road users can be systematically analyzed.

Result of the Federal Highway Research Institute activities was the development of a new control procedure "Compact Parking", which extends the existing range of ITS on rest areas. The method achieves that a number of trucks are parking in a compact way, side by side and without a driving lane between them. With the help of dynamic displays above the parking rows, the drivers receive the needful information to park their vehicle in a parking row, in which other trucks have the same or an earlier departure time. This system can increase the rest area capacity in short-term and more quickly than constructional enlargement of rest areas.

As a coordinating organization of the German Location Code List and a member of the International Traveller Information Services Association (TISA), the Federal Highway Research Institute supports the development of services for the provision of parking information to the vehicles.

The report summarizes the state of knowledge gained on measures to increase occupancy and capacity of rest areas on motorways. The report is based on literature research, own investigations and activities of the Federal Highway Research Institute and interviews with operators and providers of ITS for rest areas. First, the technologies currently used for detection and communication, and control methods are presented. In addition possible future technologies are considered and discussed.

Based on that a concept was developed which will allow better ITS based capacity management on rest areas of a motorway section in future. It takes into account the availability of all rest areas of a motorway section and gives in-vehicle information and recommendation for users. Based on the state of the art one possible implementation version is described to demonstrate the required developments. Proposals for designing of parking information complete the concept.

It is intended to update the report in terms of a catalog of measures with advancing knowledge. The report intended to provide guidance in system design, in particular, to operators and service providers. At the same time, it intends to initiate further developments for in-vehicle parking information.

The unified evaluation process should enable future comparative assessment of ITS on rest areas and contribute to the continuous improvement of the systems. For time reporting the final results of the uniform evaluation process of all pilot projects are still to come and will be supplemented with an update of the report.

Inhalt

Abkürzungen	6	4	Bewertung der Systeme für telematisches Lkw-Parken	30
Definitionen	7	4.1	Stand bisheriger Bewertungen und Ziele	30
1 Einleitung	9	4.2	Grundlagen der Beurteilenden Statistik	31
2 Grundlagen der Systeme für telematisches Lkw-Parken	10	4.3	Bewertungsverfahren Einzelparkstandsdetektion (Entwurf)	35
2.1 Definitionen	10	4.3.1	Klassifizierungsgenauigkeit bei Einzelparkstandsdetektion	35
2.2 Datenerfassung	11	4.3.2	Langzeitstabilität für Einzelparkstandsdetektion	36
2.2.1 Begriffsbestimmungen	11	4.3.3	Informationsqualität	38
2.2.2 Induktivschleifendetektor	12	4.3.4	Weitere Bewertungsaussagen für Einzelparkstandsdetektion	39
2.2.3 Erdmagnetfelddetektor	13	4.4	Bewertungsverfahren für Bilanzierungsverfahren (Entwurf)	40
2.2.4 Videokameradetektoren	14	4.4.1	Klassifizierungsgenauigkeit von Bilanzierungsverfahren	40
2.2.5 Radardetektoren	15	4.4.2	Langzeitstabilität für Bilanzierungsverfahren	43
2.2.6 Kombinationen von Sensoren	16	4.4.3	Informationsqualität	45
2.2.7 Manuell erhobene Daten	16	4.4.4	Weitere Bewertungsaussagen für Bilanzierungsverfahren	46
2.3 Korrekturen bei Bilanzierungsverfahren	17	4.5	Bewertung der Wirksamkeit von Parkinformationssystemen	46
2.4 Kommunikation zum Verkehrsteilnehmer	18	4.6	Lastenheft zur funktionalen Ausschreibung	47
2.4.1 Maßnahmenspektrum	18	5	Vorschlag für eine intelligente Streckensteuerung	48
2.4.2 Dynamische Wegweisung mit Parkinformationen	18	5.1	Vorbemerkung	48
2.4.3 Verkehrswarndienst über TMC	20	5.2	Anforderung an Detektion	48
2.4.4 Verkehrswarndienst über TPEG	22	5.2.1	Detektionsverfahren	48
2.4.5 Mobilitätsdatenmarktplatz „Verkehrsinformationen“ und Anbindung privater Dienste	23	5.2.2	Lage der Detektoren auf der Rastanlage	48
2.5 Steuerungsstrategien	25	5.2.3	Fahrzeugklassifizierung	49
2.5.1 Ziele der Steuerung	25	5.2.4	Informationsqualität	49
2.5.2 Steuerungsverfahren für einzelne Rastanlagen	26	5.2.5	Manuelle Korrekturen	50
2.5.3 Intelligente Streckensteuerung über mehrere Rastanlagen	27			
2.5.4 Kolonnenparken	27			
2.5.5 Kompaktparken	28			
3 Übersicht über die Pilotprojekte	29			

5.2.6	Toleranzgrenze der Langzeitstabilität bei Einzelparkstandsdetektion	51
5.2.7	Toleranzgrenze der Langzeitstabilität bei Bilanzierungsverfahren	51
5.2.8	Automatische Korrekturverfahren	52
5.2.9	Wirtschaftlichkeit	52
5.3	Anforderung an die Streckensteuerung	53
5.3.1	Aufgabe der Streckensteuerung	53
5.3.2	Aufbereitung der Detektionsdaten	53
5.3.3	Ableiten der Anzahl freier Parkstände	54
5.3.4	Ableiten einer Zustandsbeschreibung	55
5.3.5	Ableiten von Empfehlungen	56
5.4	Anforderung an ein Kommunikationskonzept	58
5.4.1	Akteure einer Streckensteuerung	58
5.4.2	Informationswege zum Nutzer	60
5.4.3	Einsatz von TMC	60
5.4.4	Einsatz von TPEG	61
5.4.5	Einsatz von Smartphoneapplikationen	61
5.4.6	Einsatz von Navigationsgeräten	62
6	Zusammenfassung und Ausblick	62
7	Literatur	65

Anhang

Der Anhang zum Bericht ist im elektronischen BAST-Archiv ELBA unter

<http://bast.opus.hbz-nrw.de> abrufbar.

Abkürzungen

ADAC	Allgemeiner Deutscher Automobilclub e. V.
ALERT	Agreed Layer of European RDS-TMC
AVERZ	Autobahnverzeichnis
BAB	Bundesautobahn
BAG	Bundesamt für Güterverkehr
BAST	Bundesanstalt für Straßenwesen
BMVBS	Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
DAB	Digital Audio Broadcasting
ECL	Event Code List
Kfz	Kraftfahrzeug
LCL	Location Code List
Lkw	Lastkraftwagen
MDM	Mobilitäts-Daten-Marktplatz
PKI	Parking Information
Pkw	Personenkraftwagen
PWC	Parkplatz mit WC
RDS	Radio Data System
StVO	Straßenverkehrsordnung
TISA	Traveller Information Services Association
TLS	Technische Lieferbedingungen für Streckenstationen
TMC	Traffic Message Channel
TPEG	Transport Protocol Experts Group
TR	Tank- und Rastanlage

Definitionen

Bewertungsverfahren ist ein Entwurf zur Beschreibung der Langzeitstabilität und der Klassifizierungsgenauigkeit von Detektionsverfahren bis hin zur Bewertung der Qualität von Parkinformationen.

Bilanzierungsverfahren beschreibt die Erfassung einfahrender und ausfahrender Fahrzeuge für einen Bereich oder die gesamte Rastanlage, um auf die Anzahl der auf der Rastanlage befindlichen Lkw zu schließen.

(Detektions-)Daten umfassen alle eine Situation auf der Rastanlage beschreibenden, gemessenen und verarbeiteten Angaben, die nicht dem Verkehrsteilnehmer zur Verfügung gestellt werden (z. B. Anzahl Fahrzeuge auf der Rastanlage).

Detektion umfasst das Detektionsverfahren und die dafür eingesetzte Detektionstechnik zur Erfassung der Situation auf einer Rastanlage.

Detektionstechnik charakterisiert die eingesetzten Detektoren.

Detektionsverfahren untergliedert sich in Bilanzierungsverfahren und Einzelparkstandsdetektion.

Detektor ist z. B. eine Induktivschleife, Laserscanner, Videokamera mit zugehöriger Auswertesoftware (Sensor und Auswertung).

Dynamische Wegweisung mit Parkinformationen übermitteln die Anzahl freier Parkstände im Vorfeld einer Rastanlage. Sie wurden im Rahmen der Pilotprojekte zur Anzeige numerischer Parkinformationen genutzt.

Einzelparkstandsdetektion beschreibt die Erfassung der Belegung der Parkstände.

(Park-)Informationen umfassen alle Angaben zur Situation auf der Rastanlage, die dem Verkehrsteilnehmer zur Verfügung gestellt werden.

Informationsqualität ergibt sich aus der Kombination von Klassifizierungsgenauigkeit und Langzeitstabilität.

Intelligente Streckensteuerung beschreibt ein Steuerungsverfahren, welches aus Detektionsdaten mehrerer Rastanlagen Parkinformationen für einen begrenzten Streckenabschnitt ermittelt.

Klassifizierungsgenauigkeit beschreibt die Häufigkeit von Falschklassifizierungen von Fahrzeugen, nicht jedoch, welche Fahrzeugklasse wie oft falsch detektiert wurde.

Korrektur(verfahren) sind Teil des Steuerungsverfahrens. Sie wirken z. B. unmittelbar auf die Detektionsdaten, wenn eine hohe Abweichung zwischen der Anzahl gemessener und tatsächlich vorhandener Lkw festgestellt wurde. Korrekturen können jedoch auch in Form von Korrekturfaktoren erfolgen, wenn z. B. aus der Anzahl Lkw auf einer Rastanlage auf die Anzahl freier Parkstände geschlossen wird.

Langzeitstabilität sagt etwas über die Häufigkeit der Abweichung zwischen tatsächlicher und gemessener Anzahl Lkw aus, nicht jedoch über die Höhe der Abweichung.

Parkstand ist ein zum Parken eines Fahrzeugs abgegrenzter Teil einer öffentlichen Verkehrsfläche (FGSV, 2012).

Rastanlagen sind Parkierungseinrichtungen der öffentlichen Hand an BAB (sowohl bewirtschaftet als auch unbewirtschaftet).

Steuerungsverfahren beschreibt die Prozesse, die erforderlich sind, um aus Daten der Detektion die für den Verkehrsteilnehmer bereitgestellten Parkinformationen zu erzeugen.

Streckenabschnitt umfasst einen über mehrere Kilometer sich erstreckenden Abschnitt der BAB, innerhalb dessen sich mehrere Rastanlagen befinden.

Streckenbezogene Kapazität ist die Summe aller für Lkw verkehrsrechtlich ausgewiesener Parkstände eines Streckenabschnitts.

Streckenbezogene Nachfrage ist die Summe aller Lkw, die zu einem bestimmten Zeitpunkt auf einem Streckenabschnitt parken wollen.

Toleranzgrenze beschreibt die wahrnehmbare Abweichung zwischen Parkinformation und tatsächlicher Situation auf einer Rastanlage aus Sicht eines Verkehrsteilnehmers.

1 Einleitung

Anfang 2008 wurde auf Initiative des damaligen Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) die Parksituation auf Autobahnen für Lkw bundesweit erhoben (BMVBS, 2008). Die Zählungen erstreckten sich über insgesamt vier Nächte. Die Straßenbauverwaltungen der Länder und das Bundesamt für Güterverkehr (BAG) erhoben dabei die zwischen 22:00 und 3:00 Uhr abgestellten Lkw auf bewirtschafteten und unbewirtschafteten Rastanlagen der Bundesautobahnen (BAB) sowie auf den Autohöfen und weiteren bekannten Abstellorten entlang der BAB. Danach fehlen etwa 14.000 Lkw-Parkstände auf und an BAB (BMVBS, 2012). Die Nachfrage für Lkw-Parkstände ergibt sich dabei streckenbezogen (fehlende Parkstände pro Kilometer).

Die Einhaltung gesetzlich vorgeschriebener Lenk- und Ruhezeiten trägt zur Verkehrssicherheit aller Verkehrsteilnehmer bei. Fehlen hierfür Parkflächen, wird die Verkehrssicherheit insbesondere durch ordnungswidriges Parken von Lkw außerhalb der dafür vorgesehenen Parkstände reduziert (Bergische Universität Wuppertal, 2003). Ebenso werden Unfälle infolge von Übermüdung und/oder mangelnder Aufmerksamkeit in EVERS et al. (2006) beschrieben. Befragungen belegen, dass u. a. die verkehrsbezogenen Rahmenbedingungen der Lkw-Fahrtätigkeit einen wesentlichen Belastungsfaktor für die Fahrzeugführer darstellen. Genannt wurden schlechte Parkmöglichkeiten, das Verhalten anderer Verkehrsteilnehmer und hohes Verkehrsaufkommen (EVERS, 2009).

Der 2010 beschlossene „Aktionsplan Güterverkehr und Logistik – Logistikinitiative für Deutschland“ des damaligen BMVBS beschreibt in der Maßnahme 5A das Ziel, „Mehr Parkflächen für Lkw an Bundesautobahnen“ zu schaffen (BMVBS, 2010). Neben dem beschleunigten Ausbau der Rastanlagen sollen auch telematische Systeme eingesetzt werden.

Auch aufgrund unregelmäßiger Nachfrage ist ein Verteilen der Nachfrage innerhalb eines Streckenabschnitts erforderlich. Dies kann nur durch Telematik geleistet werden. In Bezug auf Parkinformationen ist es das Ziel, den Parksuchenden bei der Einfahrt in einen BAB-Streckenabschnitt mit telematischer Unterstützung zu einem geeigneten freien Parkstand zu leiten. Mittels Parkinformationen können die vorhandenen Parkstandskapazitäten

für Lkw durch eine gleichmäßigere und insgesamt höhere Auslastung effizienter ausgenutzt werden. Für die Güterverkehrsbranche soll damit eine verbesserte Planbarkeit der Lenk- und Ruhezeiten der Lkw-Fahrer erzielt werden. Insgesamt ist von einer Erhöhung der Verkehrssicherheit für alle Verkehrsteilnehmer auszugehen.

Umfassende Erfahrungen zu telematischen Systemen liegen für die Verkehrssteuerung auf besonders staugefährdeten Strecken- und Netzabschnitten auf BAB vor (Strecken- und Netzbeeinflussungsanlagen). Hierfür werden Detektoren mit einer hohen Erfassungsgenauigkeit eingesetzt, um die mittlere Geschwindigkeit und die Verkehrsstärke zu ermitteln. Steuerungsverfahren leiten daraus die erforderlichen Maßnahmen, wie dynamische Geschwindigkeitsbeschränkungen oder Lkw-Überholverbote, ab bzw. warnen Verkehrsteilnehmer vor Gefahren (z. B. Unfälle, Stau). Regelwerke, wie die Technischen Lieferbedingungen für Streckenstationen (BASt, 2012), das Merkblatt für die Ausstattung von Verkehrsrechnerzentralen (BASt, 1999) und die Richtlinien für Wechselverkehrszeichenanlagen an Bundesfernstraßen (BMVBS, 1997), bilden hierfür einen bewährten Rahmen.

Die für die Randbedingungen auf der freien Strecke – also für einen anderen Geschwindigkeitsbereich – optimierten Detektoren, wie Induktivschleifen, stehen auf Rastanlagen vor neuen Herausforderungen. Daher bedurfte es neuer technischer Entwicklungen, welche die besonderen Randbedingungen auf einer Rastanlage und die Anforderungen an die Informationsqualität von Parkinformationen berücksichtigen. So gilt es, parkende und langsam fahrende Fahrzeuge zu detektieren und zu klassifizieren. Fahrmanöver, wie Rangieren, aber auch Sichteinschränkungen durch Bäume oder ordnungswidrig abgestellte Fahrzeuge erschweren die Erfassung der Belegung von Rastanlagen in der Praxis. Im Rahmen von Pilotprojekten wurden daher ausgewählte Rastanlagen mit unterschiedlicher Detektionstechnik ausgestattet, um praktische Erfahrungen zu sammeln.

Die Detektoren sollen automatisch Daten über belegte Parkstände oder die Anzahl ein- und ausgefahrender Lkw ermitteln. Aus diesen Daten leiten Steuerungsverfahren Informationen über freie Parkstandskapazitäten ab. Diese Parkinformationen können über verschiedene Kommunikationswege den Lkw-Fahrern sowie den Logistikunternehmen übermittelt werden. Seit April 2008 infor-

miert im Vorfeld der Rastanlage Aichen (A 8) und seit September 2008 vor der Rastanlage Brohltal/Ost (A 61) je ein dynamischer Wegweiser über die Anzahl freier Parkstände dieser Rastanlagen. Weitere Pilotprojekte wurden seither realisiert.

Die Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) ist beauftragt, die Pilotprojekte unter wissenschaftlichen Gesichtspunkten zu begleiten und zu evaluieren. Das Ziel des Forschungsauftrages ist die Bewertung der Wirksamkeit und der Effizienz der in den Pilotprojekten umgesetzten und geplanten Systeme. Die kontinuierlich gewonnenen Erkenntnisse münden in den vorliegenden Bericht. Vor einer abschließenden Bewertung aller Pilotprojekte musste ein einheitliches Bewertungsverfahren entwickelt werden. Die Umsetzung des entworfenen Bewertungsverfahrens steht zum Zeitpunkt der Berichtslegung für die Pilotprojekte aus. Alle Bewertungsergebnisse sind mit einer Fortschreibung des Berichts zu ergänzen. Der Entwurf des Bewertungsverfahrens ist anschließend erneut hinsichtlich seiner Eignung zu prüfen und ggf. anzupassen. Insbesondere sind Anpassungen hinsichtlich der Parameter zu erwarten.

Der Bericht soll im Besonderen Betreibern und Diensteanbietern Orientierung bei der Systemgestaltung bieten. Gleichzeitig sollen Entwicklungen im Bereich fahrzeugseitiger Parkinformationen angestoßen werden. Der Bericht fasst dazu den Erkenntnisstand bis Oktober 2013 (sofern nicht anders gekennzeichnet) zusammen. Die Fortschreibung ist auf der Basis laufender Forschungstätigkeiten und praktischer Erfahrungen erforderlich, da zum Zeitpunkt der Berichtslegung keine abschließende Beurteilung aller Maßnahmen möglich war (siehe Bild 1).

Das Dokument umfasst das Grundlagenkapitel 2, welches die Maßnahmen und technischen Ausführ-

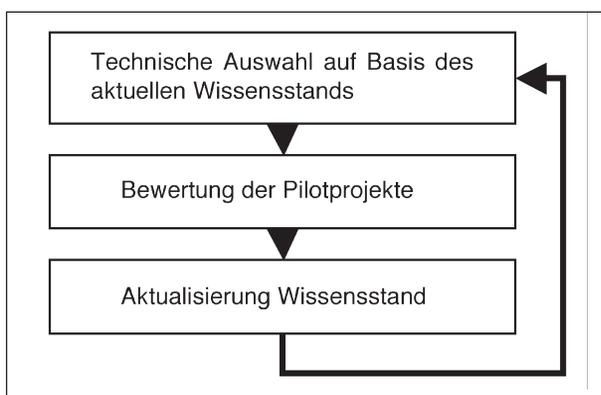


Bild 1: Aktualisierung des Maßnahmenberichts

ungen von Systemen des telematischen Lkw-Parkens allgemein beschreibt. Kapitel 3 dient der Übersicht über die Pilotprojekte und fasst den Stand der Pilotprojekte für das telematische Lkw-Parken bis Dezember 2011 zusammen. Darauf aufbauend wurde im Kapitel 5 ein Konzept entwickelt, wie zukünftig eine intelligente Streckensteuerung wirken kann. Es wird vom Stand der Technik ausgehend eine mögliche Realisierungsvariante beschrieben und der erforderliche Entwicklungsbedarf aufgezeigt. Vorschläge zur Gestaltung von Parkinformationen runden das Konzept ab.

Der Maßnahmenkatalog beinhaltet für die einheitliche Bewertung telematischer Systeme auf Rastanlagen ein vorläufiges Bewertungsverfahren im Kapitel 4. Mit einer weiteren Fortschreibung sind dort die Ergebnisse der Bewertung der Pilotprojekte zu ergänzen.

2 Grundlagen der Systeme für telematisches Lkw-Parken

2.1 Definitionen

Zum besseren Verständnis werden nachfolgend grundlegende im Bericht verwandte Begriffe erläutert. Da bislang keine Regelwerke zum telematischen Lkw-Parken bestehen, erfolgt die Begriffsneubestimmung für das telematische Lkw-Parken in Anlehnung an gängige Regelwerke wie BMVBS (1997) und BASt (1999), FGSV (2012) sowie BASt (2012).

Die Nachfrage für Lkw-Parkstände ergibt sich streckenbezogen (fehlende Parkstände pro Kilometer) (BMVBS, 2008). Telematik soll dabei im Besonderen der Verteilung der Nachfrage auf die verfügbare Kapazität einer Strecke dienen. Mit der Einfahrt in einen BAB-Streckenabschnitt soll der Verkehrsteilnehmer mit Unterstützung telematischer Systeme zu einem freien Parkstand auf einer der Rastanlagen oder einen Stellplatz auf einem Autohof im Streckenabschnitt geleitet werden.

Es ergeben sich für telematische Systeme aus technischer Sicht vier Verarbeitungsebenen: Detektion, Korrekturen (Plausibilität), Steuerungsverfahren und Kommunikation.

Die Detektionstechnik beschreibt ein technisch-physikalisches System mit Ausgabe der erfassten verkehrstechnischen Kenngrößen (z. B. Fahrzeug-

art, Geschwindigkeit, ...). Diese können auf Plausibilität geprüft und ggf. geglättet oder mit Korrekturverfahren aufbereitet werden.

Das Steuerungsverfahren wertet die verkehrstechnischen Kenngrößen der Detektion aus und berechnet Steuerungsgrößen. Verkehrstechnische Kenngrößen und Steuerungsgrößen werden nachfolgend auch mit dem Begriff „(Detektions-)Daten“ zusammengefasst.

Mittels geeigneter Kommunikationsmedien werden dem Verkehrsteilnehmer ausgehend von den Steuerungsgrößen lenkende „Parkinformationen“ zur Situation auf den Rastanlagen übermittelt. Möglicherweise werden die Parkinformationen z. B. durch Endgeräte weiter aufbereitet (im Sinne von Empfehlungen) oder nur dann dem Verkehrsteilnehmer dargeboten, wenn sie für ihn relevant sind.

2.2 Datenerfassung

2.2.1 Begriffsbestimmungen

Der übergeordnete Begriff „Datenerfassung“ bzw. der äquivalent verwendete Begriff „Detektion“ soll zunächst spezifiziert werden (siehe auch FGSV, 2010). Allgemein wird die Datenerfassung untergliedert in

- Erfassungseinheit (Detektor) bestehend aus Sensor, Signalwandler, Signalaufbereitung und Signalauswertung,
- Speichereinheit des Detektors und
- Übertragungseinheit z. B. an Streckenstation.

Durch die Signalauswertung der physikalischen Messgrößen, z. B. bedingt durch die Änderung der Induktivität, wird die verkehrstechnische Kenngröße „Fahrzeugart“ ermittelt, plausibilisiert, gespeichert und an die Streckenstation (im weitesten Sinne des Steuerungsverfahrens) übertragen.

Für die Datenerfassung auf Rastanlagen existieren bislang in der Praxis zwei Detektionsverfahren zur Ermittlung der Anzahl belegter Parkstände:

- direkte Messung mittels Einzelparkstandsdetektion (Bild 2),
- indirekte Erhebung mittels Bilanzierungsverfahren (Bild 3).

Die beiden Detektionsverfahren unterscheiden sich hinsichtlich der Lage der Detektoren auf der Rastanlage (vgl. Bild 2 und Bild 3). Bilanzierungsverfahren beruhen auf der Detektion in den Zu- und Abfahrten, wohingegen bei der Einzelparkstandsdetektion die Belegung jedes einzelnen Parkstandes ermittelt wird.

Bilanzierungsverfahren sind insbesondere für größere Rastanlagen eine – bezogen auf den einzelnen Parkstand – kostengünstige Detektionsmöglichkeit. Aussagen, ob die Fahrzeuge tatsächlich auf verkehrsrechtlich ausgewiesenen Parkständen stehen, sind jedoch bei diesem Verfahren nicht möglich. Die Anordnung der Detektoren in der Zufahrt zum Lkw-Parkbereich kann jedoch die Aussagegenauigkeit verbessern.

Die Einzelparkstandsdetektion erlaubt auch bei Ausfall eines einzelnen Sensors Aussagen zur Belegung der Rastanlage, jedoch steigen die Kosten mit der Ausstattung größerer Rastanlagen durch die hohe Anzahl erforderlicher Sensoren. Einzelparkstandsdetektion eignet sich zur Bestimmung belegter und freier verkehrsrechtlich ausgewiesener Parkstände einer Rastanlage. Fahrzeuge, die sich außerhalb dieser Parkstände befinden, können damit nicht erfasst werden.

Die im Rahmen von Pilotprojekten eingesetzten Detektionstechniken, bezeichnet nach der Art der eingesetzten Sensoren, umfassen

- Induktivschleifendetektoren,

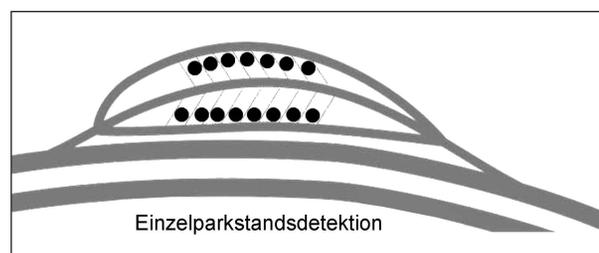


Bild 2: Einzelparkstandsdetektion



Bild 3: Bilanzierungsverfahren

Detektionstechniken	Bilanz	Einzelps.
Induktivschleifensensoren	+	-
Erdmagnetfeldsensoren	+	+
Video zur Objekterkennung	-	+
Video zur Kennzeichenerfassung	+	-
Radarsensoren	+	-
Kombinationen von Sensoren	+	-

Tab. 1: Detektionstechniken in den Pilotprojekten (Dez. 2011)

- Erdmagnetfelddetektoren,
- Videokameras zur Objekterkennung,
- Seitenradardetektoren und
- die Kombinationen verschiedener Sensoren.

Tabelle 1 beschreibt vereinfacht die bisherigen Anwendungsgebiete der Detektionstechniken für die beiden Detektionsverfahren.

Für die Detektionstechniken werden nachfolgend Aussagen zusammengefasst zum

- Funktionsprinzip,
- den erfassbaren verkehrstechnischen Kenngrößen,
- den Positionen im Straßenraum (d. h. neben, über, auf und in der Fahrbahn),
- Randbedingungen und Messungsgenauigkeit beim Einsatz auf Rastanlagen.

Grundlegende technische Aussagen in den Kapiteln 2.2.2 bis 2.2.6 zu den einzelnen Detektionstechniken basieren auf Hinweispapieren der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (siehe FGSV, 2006, sowie FGSV, 2010) und können dort und in weiterführender Literatur vertieft werden. Ziel hier ist die kurze Darstellung der Detektionstechnik. Hierbei fließen auch die während der Pilotprojekte der Länder gesammelten praktischen Erfahrungen ein. Es handelt sich somit nicht um eine abschließende Bewertung, sondern eine grobe, auf Gesprächen und Befragungen basierende Charakterisierung der Detektionstechniken für den Einsatz auf Rastanlagen.

2.2.2 Induktivschleifendetektor

Funktionsprinzip

Ein Induktivschleifendetektor besteht aus in der Fahrbahn verlegten Drahtschleifen sowie einer Detektions- und Auswerteeinheit. Die Detektionseinheit bildet zusammen mit den Drahtschleifen einen elektromagnetischen Schwingkreis. Elektromagnetisch wirkende Metallteile eines Fahrzeuges verändern beim Überfahren die Induktivität der Schleife und verstimmen damit diesen Schwingkreis. Diese Veränderung wird von der Auswerteeinheit erkannt und ausgewertet (siehe FGSV, 2006, und FGSV, 2010).

Für Induktivschleifendetektoren kommen zwei verschiedene technische Ausführungen zur Anwendung: Einzelschleife und Doppelschleife. Für eine reine Erfassung der Fahrzeuganzahl, wie es für Anwendungen auf Rastanlagen erforderlich ist, ist die Anordnung nur einer Schleife prinzipiell ausreichend. Zu beachten ist, dass dann durch die Verkehrsführung gewährleistet sein muss, dass die Verkehrsarten getrennt werden, da keine genaue Fahrzeugklassifizierung möglich ist.

Bei dem Prinzip der Doppelschleife werden zwei Schleifen in einem definierten Abstand in die Oberfläche der Fahrbahn eingebracht. Neben der Erfassung der Fahrzeuganzahl kann dadurch aus dem zeitlichen Signalabstand von Schleife 1 zu Schleife 2 sowie dem Schleifenabstand die Fahrzeuggeschwindigkeit ermittelt werden. Da zwei Signale bei einer Überfahrt generiert werden, kann eine bessere Signalverarbeitung/-vergleich und damit eine höhere Genauigkeit bei der Fahrzeugklassifizierung erzielt werden. Auch die Fahrtrichtung kann erkannt werden. Aus diesem Grund eignen sich Doppelschleifen zur Bilanzierung der Fahrzeuganzahl und -klassen (siehe FGSV, 2006, sowie FGSV, 2010).

Die Messungen sind unabhängig von Witterungs- und Lichtverhältnissen. Die Detektoren können in ihrer Genauigkeit durch elektromagnetische Felder nachteilig beeinflusst werden. Stahlarmlierungen im direkten Umfeld können die Detektionsgenauigkeit beeinträchtigen (FGSV, 2010).

Erfassbare Kenngrößen

Die Fahrzeugklassifizierung kann über die gemessene Fahrzeuglänge erfolgen. Diese wird über die Belegungszeit einer Induktivschleife durch das Fahrzeug und dessen Geschwindigkeit bestimmt. Dazu ist eine bestimmte Mindestgeschwindigkeit

des Fahrzeuges erforderlich, ideal ist eine gleichbleibende Geschwindigkeit (kein Beschleunigen oder Bremsen im Bereich der Induktivschleifen).

Da die gemessene Belegungszeit nicht nur von der tatsächlichen Fahrzeuglänge abhängt, kann die Länge nur abgeschätzt werden. Eine differenzierte Auswertung der Verstimmungskurven der Fahrzeugsignale und der Vergleich mit in der Auswertereinheit bereits gespeicherten Verstimmungsmustern ermöglichen eine umfassende Unterscheidung von bis zu 8+1-Klassen („+1“ entspricht nicht klassifizierbare Fahrzeuge), siehe auch TLS, 2012, und FGSV, 2010.

Für Anwendungen auf Rastanlagen kann meist eine einfachere Klassifizierung aufgrund der Verkehrsführung erfolgen: Stehen lediglich Parkstände für Pkw und sonstige Fahrzeuge über 6 m (also z. B. für Lkw und Bus gemeinsam) zur Verfügung, kann die Klassifizierung in Pkw-ähnlich und Lkw-ähnlich ausreichend sein.

Position im Straßenraum

Die Induktivschleifen (Drahtschleifen) werden abhängig vom Fahrbahnaufbau in einem ca. 10 mm breiten und ca. 70 mm tiefen Schnitt in die Oberfläche der Fahrbahn eingebracht. Über die Induktivschleifen sollen möglichst alle zu- und abfahrenden Fahrzeuge idealerweise mittig geführt werden, d. h., die Fahrstreifenbreite ist zu beachten (FGSV, 2010).

Die Erfassungsgenauigkeit kann verbessert werden, wenn Brems- und Beschleunigungsvorgänge im Bereich der Induktivschleifen weitestgehend ausgeschlossen sind, d. h., wenn die Fahrzeuge eine konstante Geschwindigkeit haben. Dies erfordert, die Länge des Verzögerungs- und Beschleunigungsstreifens zu berücksichtigen.

Weiterhin sollte der Erfassungsort möglichst so gewählt werden, dass die Fahrzeuge zum Beispiel aufgrund von Vorfahrtsregelungen innerhalb der Rastanlage nicht über den Induktivschleifen zum Stehen kommen, da die für die Klassifizierung erforderliche Verstimmung des Schwingkreises nur durch fahrende Fahrzeuge erzielt werden kann.

Einsatz auf Rastanlagen

- Bilanzierungsverfahren

Induktivschleifen wurden in mehreren Pilotprojekten für die Bilanzierung der ein- und aus-

fahrenden Fahrzeuge z. B. in Hessen eingesetzt.

Eine weitere Anwendungsmöglichkeit von Induktivschleifendetektoren ist die Fahrzeug(wieder)erkennung mittels fahrzeugindividueller Verstimmungskurven (siehe auch MAIER, ROTH, 2008). Dies ist im Besonderen für das automatische Plausibilisieren und Korrigieren von Bedeutung (Kapitel 2.3). Im praktischen Einsatz befindet sich ein Fahrzeugwiedererkennungsverfahren mittels Induktivschleifen auf der Rastanlage Börde, A 2.

- Einzelparkstandsdetektion

Der Einsatz erfolgte bislang nicht für die Einzelparkstandsdetektion, da der Verlegeaufwand der Induktivschleifen auf (teils gepflasterten) Parkstandflächen sehr hoch ist. Denkbar ist jedoch die Anwesenheitsdetektion wie bei Lichtsignalanlagen, sie erfordert jedoch auch entsprechende Neuentwicklungen hinsichtlich der Signalauswertung. Auf benachbarten Parkständen kann es aufgrund des unterschiedlichen metallischen Aufbaus von Lkw zu Phantomdetektionen kommen.

2.2.3 Erdmagnetfelddetektor

Funktionsprinzip

Die Detektion basiert auf der Auswertung der Änderung des Erdmagnetfelds. Das Erdmagnetfeld wird durch die Bewegung oder das Vorhandensein von Metallteilen (z. B. in den Stahlkarosserien von Fahrzeugen) verändert. Diese Erdmagnetfeldänderungen, die sich durch die Veränderungen der magnetischen Flussdichte ausdrücken, werden von den Erdmagnetfelddetektoren registriert (FGSV, 2010).

Erdmagnetfelddetektoren sind in verschiedenen Ausführungen verfügbar: Es werden sowohl kabelgebundene Detektoren (für Energieversorgung und Datenübertragung) angeboten wie auch kabellose Detektoren, die die Daten per Funk übertragen und mittels eingebauter Batterie mit Energie versorgt werden. Die Einsatzzeit richtet sich dabei nach der Übertragungshäufigkeit der Detektionsdaten und der Batteriekapazität (FGSV, 2010).

Die Detektion ist unabhängig von Lichtverhältnissen und weitestgehend unabhängig von Witterungseinflüssen möglich. Lediglich bei oberflächenbündig eingebauten Sensoren wurde vereinzelt

beobachtet, dass es zu Einschränkungen bei größeren Wasserfilmdicken auf der Sensoroberfläche kommen kann. Stahlarmierungen im direkten Umfeld können ebenfalls die Detektionsgenauigkeit beeinträchtigen. Die Detektoren können auf externe Magnetfelder wie z. B. von Induktivschleifen oder Starkstromleitungen reagieren (FGSV, 2010).

Erfassbare Kenngrößen

- Einzelparkstandsdetektion

Hierbei wird ausschließlich die Veränderung der magnetischen Flussdichte (Verdichtung und Ablenkung) durch die metallische Masse über dem Detektor ermittelt. Es wird somit nur die Anwesenheit des darüber befindlichen Fahrzeuges detektiert (FGSV, 2010).

- Bilanzierungsverfahren

Wie bei der Einzelparkstandsdetektion wird die Veränderung der magnetischen Flussdichte ermittelt. Durch die Bewegung des Fahrzeuges kann neben der Anwesenheit des Fahrzeuges noch zusätzlich die Länge geschätzt werden, sodass eine grobe Fahrzeugklassifizierung anhand der Länge möglich ist (FGSV, 2010).

Im Pilotprojekt an der A 5 zwischen Anschlussstelle Hartheim-Heitersheim und Anschlussstelle Efringen-Kirchen in Fahrtrichtung Weil am Rhein wird eine Ausführungsvariante zur Fahrzeugklassifizierung für kurze und lange Fahrzeuge (über und unter 6 m Länge) auf den Rastanlagen umgesetzt. Dies ist mit der Installation zweier Erdmagnetfelddetektoren möglich, die in einem Abstand knapp über 6 m zueinander installiert werden. Auszuwerten ist dann die gleichzeitige Anwesenheit eines Fahrzeugs auf beiden Detektoren. Zu beachten ist, dass zwei Fahrzeuge, die in sehr kurzem räumlichem Abstand zueinander fahren, fälschlicherweise als ein Lkw klassifiziert werden könnten.

Position im Straßenraum

Die Erdmagnetfelddetektoren können entweder in einem vertikalen Bohrloch oberflächenbündig mit der Fahrbahn oder tieferliegend in einem horizontal liegenden Leerrohr eingebaut werden. Die Einbauvariante in einem Leerrohr hat den Vorteil, dass die Detektoren vor Feuchtigkeit besser geschützt sind und leichter ausgetauscht oder in ihrer Lage verändert werden können. Diese Einbaumöglich-

keiten bestehen sowohl für die Einzelparkstandsdetektion wie auch für Bilanzierungsverfahren. Die Detektoren sind so zu platzieren, dass sie möglichst mittig überfahren oder überparkt werden (FGSV, 2010).

Einsatz auf Rastanlagen

- Einzelparkstandsdetektion

Bei der Detektion von parkenden Fahrzeugen werden die Erdmagnetfelddetektoren in der Regel im vorderen Bereich eines Parkstandes eingebracht, um die größere metallische Masse des Motors zu detektieren. Die Detektionsgenauigkeit wird stark dadurch beeinflusst, ob die Fahrzeugführer über dem Detektor zum Stehen kommen oder ggf. nicht weit genug vorfahren.

Im Rahmen des Pilotprojektes auf der Rastanlage Montabaur sollte in einer Parkstandsreihe, in der mehrere Lkw hintereinander parken können, die Anwesenheit von Fahrzeugen detektiert werden. Die Detektion eines Fahrzeugendes mit Erdmagnetfelddetektoren ist aufgrund der Tatsache, dass sich am Fahrzeugende weniger metallische Masse befindet als im vorderen Bereich eines Fahrzeuges (Motorbereich), wesentlich schwieriger. Gleiches gilt für die Platzierung der Detektoren in der Mitte des Parkstandes (z. B. für Holztransporte o. Ä., Aufbauten/Anhänger). Sind die Detektoren sehr empfindlich eingestellt, d. h. reagieren sie auch auf kleine Änderungen des Erdmagnetfeldes, wurde in der Praxis beobachtet, dass die Detektoren dann auch auf weiter entfernt parkende Fahrzeuge (auf einem benachbarten Parkstand) reagiert haben.

- Bilanzierungsverfahren

Bei dem Bilanzierungsverfahren sind mittels Magnetfeldänderungen fahrende Fahrzeuge zu detektieren und zu klassifizieren. Zur Bilanzierung der Fahrzeuge werden Magnetfeldsensoren auf der Rastanlage Aichen, A 8, eingesetzt.

2.2.4 Videokameradetektoren

Funktionsprinzip

Die Videotechnik umfasst die elektronischen Verfahren zur Aufnahme, Übertragung, Bearbeitung und Wiedergabe von bewegten Bildern in digitaler Form. Für die verkehrstechnischen Bewertungen

werden die Grauwertstufenänderungen ausgewertet. Auf dieser Basis werden Veränderungen im Verkehrs- oder Parkraum ermittelt. Ein Spezialgebiet der Videotechnik ist die automatisierte Texterkennung (engl. Optical Character Recognition (OCR)). Im verkehrstechnischen Bereich wird diese Möglichkeit für die Kfz-Kennzeichenerfassung genutzt. Die Auswertung der Fahrzeugkennzeichen eignet sich für Bilanzierungsverfahren, um Fahrzeuge in der Abfahrt wiederzuerkennen (FGSV, 2010).

Die Messungen sind von den Lichtverhältnissen abhängig (Ausleuchtung und Gegenlicht). Ebenso kann die Detektionsgenauigkeit durch Witterungseinflüsse (Regen, Nebel oder Schnee) beeinträchtigt werden. Je komplexer die zu erfassende Rastanlage ist, desto mehr Abschattungen werden sich einstellen, was nur durch mehrere oder höher gelegene Kameras ausgeglichen werden kann (FGSV, 2010).

Beim Einsatz von Videokameradetektoren sind die gesetzlichen Bestimmungen bezüglich des Datenschutzes zu beachten (FGSV, 2010).

Erfassbare Kenngrößen

Bildänderungen gegenüber einem Referenzbild können automatisch ausgewertet werden (z. B. fahrende oder auf Parkstand ankommende Lkw). Mit geeigneter Software können Bewegungsmuster sowie Kfz-Kennzeichen und Fahrzeugklassen und der Standort von Fahrzeugen erkannt werden (FGSV, 2010).

Videotechnik eignet sich sowohl für die Bilanzierung als auch für Einzelparkstandsdetektion. Für die Einzelparkstandsdetektion ist zu ermitteln, wie viele Parkstände mit einer Videokamera erfasst werden können.

Umfassende Ergebnisse des Arbeitskreises 3.2.9 „Videodetektion in VBA“ werden im geplanten Wissensdokument der Forschungsgesellschaft für Straßen und Verkehrswesen (FGSV) aktuell zusammengefasst und erscheinen in Kürze.

Position im Straßenraum

Prinzipiell müssen die Kameras erhöht angebracht werden. Die Wahl der Höhe richtet sich hierbei nach der Aufgabenstellung. So genügt zum Beispiel für eine Kfz-Kennzeichenerfassung eine geringe Installationshöhe. Es muss lediglich gewährleistet sein, dass sich die Kamera oberhalb eines Manipulationsbereiches befindet (FGSV, 2010).

Für eine Einzelparkstandsdetektion muss die Kamera möglichst hoch angebracht sein, um Abschattungen durch die dicht nebeneinander parkenden Lkw zu vermeiden.

Einsatz auf Rastanlagen

Videodetektion wurde zur Kennzeichenerfassung (Fahrzeugwiedererkennung) in den Pilotprojekten des PWC Spitzberg Nord und Süd, A 70, eingesetzt (beendet). Eine eigens für diesen Einsatz optimierte Videodetektion kommt auf dem PWC Am Nöthnitzgrund, A 17, zum Einsatz. Dort kann neben der Belegung einzelner Parkstände auch erfasst werden, ob Fahrzeuge in der Fahrgasse parken (DÖGE, KRIMMLING, 2012).

2.2.5 Radardetektoren

Funktionsprinzip

Radardetektoren generieren ein elektromagnetisches Signal. Dieses wird von einer Antenne (die sowohl sendet wie auch empfängt) gebündelt abgestrahlt. Die Radarstrahlung wird von einem vorbeifahrenden Fahrzeug reflektiert und von der Antenne wieder empfangen. Aufgrund des Dopplereffektes ergibt sich durch das bewegte Fahrzeug bei der reflektierten Radarstrahlung eine Frequenzänderung, aus der die verkehrstechnischen Kenngrößen abgeleitet werden können (FGSV, 2010).

Die Messungen sind unabhängig von Lichtverhältnissen. Durch dichten Nebel, Schnee oder Regen nimmt die Detektionsgenauigkeit jedoch ab. Fehler – insbesondere bei der Längenunterscheidung – können dadurch entstehen, dass zwei dicht hintereinander fahrende Fahrzeuge als nur ein Fahrzeug mit entsprechend falscher Länge erkannt werden (FGSV, 2010).

Der Einsatz in Kurven sollte vermieden werden, da dies mit systematischen Messfehlern verbunden ist, die mit kleiner werdendem Krümmungsradius anwachsen. Es können nur bewegte Fahrzeuge mit einer Mindestgeschwindigkeit von ca. 10 bis 20 km/h (je nach Gerätetyp) detektiert werden (FGSV, 2010).

Erfassbare Kenngrößen

Radargeräte messen die Geschwindigkeit, Anwesenheit, Fahrtrichtung und Fahrzeuglänge einzelner Fahrzeuge (FGSV, 2010.) Damit erlauben sie

die Fahrzeugklassifizierung für Bilanzierungsverfahren.

Position im Straßenraum

Die Anbringung der Radarsonde kann von der Seite oder über der Fahrbahn erfolgen (Seiten-/Überkopfradardetektoren). Der Einbau in die Fahrbahn ist ebenfalls möglich (FGSV, 2010).

Einsatz auf Rastanlagen

Bodenradardetektoren sind in Kombination mit Laserscannern auf der Tank- und Rastanlage Buddikate, A 1, im Einsatz. Auf der Tank- und Rastanlage Brohltal-Ost werden Bodenradare in Kombination mit Ultraschallsensoren eingesetzt.

2.2.6 Kombinationen von Sensoren

Funktionsprinzip

Verschiedene Sensorsysteme können zu Kombinationsdetektoren vereinigt werden, um die Vorteile der einzelnen Sensoren zu nutzen bzw. deren Nachteile zu kompensieren. Es sind, je nach Aufgabenstellung, verschiedene Kombinationen möglich (FGSV, 2010). Deswegen entfällt an dieser Stelle eine generelle Beschreibung einer Gesamtfunktionalität.

Erfassbare Kenngrößen

Durch die Kombination von mehreren Sensortypen können mehr Kenngrößen erfasst werden, die in ihrer Gesamtheit zu einer größeren Aussagekraft für Bilanzierungsverfahren führen (FGSV, 2010).

Position im Straßenraum

Die Anbringung der Sensoren richtet sich nach den einzelnen Systemen (siehe Einzelbeschreibungen).

Einsatz auf Rastanlagen

Praktisch erprobt wurden bislang Radar-Laserscanner-Detektoren, Radar-Ultraschall-Detektoren sowie die Kombination von Induktivschleifen und Kennzeichenerfassung bei Bilanzierungsverfahren.

Bislang fanden Kombinationsdetektoren nur für die Bilanzierung von Fahrzeugen praktische Anwendung. Der höhere Entwicklungsaufwand der Kombinationsdetektoren und die damit einhergehende größere Anzahl gemessener Eingangsgrößen er-

möglichen im Rahmen der Pilotprojekte auch automatische Korrekturen, die auf der Fahrzeugwiedererkennung basieren (vgl. Kapitel 2.3).

2.2.7 Manuell erhobene Daten

Analog zur Stauerfassung für öffentliche Verkehrsinformationen ist die Ergänzung durch manuelle, d. h. augenscheinliche Erfassung durch die Polizei und Verkehrsteilnehmer denkbar.

Nach der Richtlinie für den Verkehrswarndienst (RVWD) müssen Polizei und andere Straßenverkehrs-/baubehörden ihnen bekannte Gefahrenlagen und Verkehrsstörungen im Verkehrsablauf den zentralen Einsatzleitplätzen und den Landesmeldestellen melden (BMVBW, 2000). Die Einsatzleitzentralen der Polizei erfassen die eingegangene Meldung. Für Unfälle und andere Störungen im fließenden Verkehr haben sich hierfür die in Bild 4 beschriebenen Meldekettens bewährt.

Die Verkehrslageerfassung erfolgt automatisiert oder stützt sich auf Beobachtungen, welche in den Einsatzleitplätzen der Polizei oder durch Staumelderorganisationen erfasst werden. Die Landesmeldestelle erhält von diesen Stellen die Verkehrsmeldungen in codierter Form und gleicht den Meldungseingang ab. Die von der Landesmeldestelle autorisierten Meldungen werden den Rundfunkanstalten zur Verfügung gestellt (KLEINE, 2007).

Die meisten öffentlich-rechtlichen Rundfunkanstalten betreiben aufgrund der erforderlichen Ortskenntnis für ihr Sendegebiet eigene Verkehrsredaktionen. Anlass für die Verkehrsredaktionen, die eingehenden Meldungen von der Landesmeldestelle ebenfalls auf Plausibilität zu prüfen, ist die journalistische Sorgfaltspflicht. Im Rahmen der redaktionellen Freiheit kann die Rundfunkanstalt Meldungen ebenfalls ergänzen, löschen oder inhaltlich verändern, z. B. unter Einbeziehung eigener Staumelder oder von Verkehrsdaten Dritter (z. B. Floating Car Data). Rundfunkanstalten und einige private Rundfunkanbieter verbreiten diese als „TMC-Meldung“ (TMC steht für Traffic Message Channel). TMC-Meldungen werden häufig zur Navigation im Fahrzeug genutzt (siehe Kapitel 2.4.3; KLEINE, 2007).

Bewährt für die Verkehrslageerfassung hat sich die Berücksichtigung von Beobachtungen von Verkehrsteilnehmern (manuell erhobener Eingangsdaten). So sammeln der ADAC e. V. und auch einige öffentlich-rechtliche Rundfunkanstalten Informa-

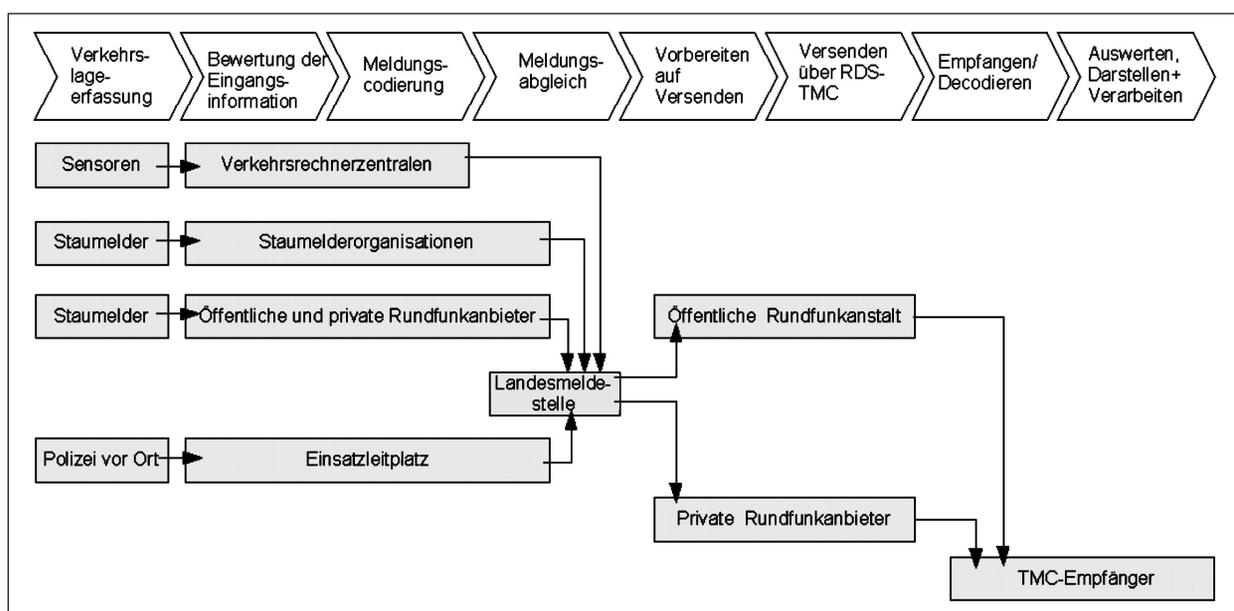


Bild 4: Meldungskette im öffentlichen Verkehrswarndienst (KLEINE, 2007)

tionen zur Verkehrslage mit Hilfe von Staumeldern. Staumelder sind registrierte Verkehrsteilnehmer, die beobachtete Störungen telefonisch melden. Nach Abgleich mit dem Meldungsbestand der Landesmeldestellen werden neue Meldungen vom ADAC an die zuständige Landesmeldestelle gesendet und dort geprüft und in den Meldungsbestand aufgenommen (vgl. KLEINE, 2007).

Bereits initiiert wurde, dass Lkw-Fahrer als sog. Parkplatzmelder bei Störungen auf Rastanlagen (z. B. Überbelegung) dies an den ADAC melden können (ADAC, 2012).

2.3 Korrekturen bei Bilanzierungsverfahren

Die im Kapitel 2.2 beschriebenen Detektionsverfahren erlauben entweder eine Aussage über die Zahl ein- und ausgefahrener Fahrzeuge (Bilanzierungsverfahren) oder die Anzahl auf verkehrsrechtlich ausgewiesenen Parkständen parkender Fahrzeuge (Einzelparkstandsdetektion). In der Praxis zeigte sich, dass sich trotz guter Fahrzeugerkennung und -klassifizierung nach einer gewissen Zeit Abweichungen bei der Bilanzierung ein- und ausgefahrener Fahrzeuge ergeben (ISL Baltic Consult, 2011).

Ursächlich (neben Detektionsfehlern) ist das Verhalten der Verkehrsteilnehmer, welches die Detektionsgenauigkeit negativ beeinflussen kann, die Detektion verhindert oder schlicht nicht detektierbar

ist. Beispiele solcher Verhaltensweisen, die während der Pilotprojekte beobachtet wurden, sind (ISL Baltic Consult, 2011):

- Trennen von Fahrzeugkombinationen (Zugfahrzeug verlässt Rastanlage ohne Anhänger) Der Parkstand ist weiterhin durch den Anhänger belegt, aber in der Bilanz taucht das (Zug-)Fahrzeug nicht mehr auf.
- Ordnungswidriges Parken im Bereich der Detektoren (Abschattung oder Störeinflüsse für weitere Messung).
- Umfahren der Detektoren (Verlassen der Rastanlage über nicht mit Detektoren ausgestattete Betriebsausfahrt (auch seitens des Straßenbetriebsdienstes)).

Bei vereinzelt Fehldetektionen können sich die Fehler zusätzlich schnell fortpflanzen, wenn ein einfaches Summieren und Subtrahieren für die Bilanzierung erfolgen. Für Bilanzierungsverfahren ist dann in regelmäßigen Abständen eine Korrektur erforderlich. Möglich sind die manuelle und die automatische Korrektur.

Die manuelle Korrektur beruht auf dem Befahren der Rastanlage und Zählen der parkenden Fahrzeuge. Alternativ ist die manuelle Korrektur mit Hilfe von Videokameras (Webcam) möglich. Dabei wird das übermittelte Videobild (ggf. nur Einzelbilder) der Rastanlage in einer entfernten Verkehrsrechnerzentrale durch Mitarbeiter ausgewertet. Es bieten sich hierfür Zeiten an, zu denen wenige Lkw auf

der Rastanlage parken, da andernfalls mögliche Abschattungen zu Zählfehlern führen oder mit Mehrkosten für weitere Videokameras verbunden sind. Manuelle Korrekturen sind oft nur in größeren zeitlichen Abständen zu leisten.

Eine automatische Korrektur basiert nicht auf einer Momentaufnahme zur korrekten Anzahl Fahrzeuge auf der Rastanlage, wie es die manuelle Korrektur erfordert. Stattdessen wird fortlaufend versucht, den Fehler, also die Abweichung zwischen tatsächlicher und gemessener Belegung, so gering wie möglich zu halten. Bisher liegen keine im Detail untersuchten praktischen Erfahrungen mit automatischen Korrekturen vor. Es ist von Weiterentwicklungen und Verbesserungen in naher Zukunft auszugehen.

2.4 Kommunikation zum Verkehrsteilnehmer

2.4.1 Maßnahmenspektrum

Die meisten Pilotprojekte haben den Schwerpunkt auf die Detektionstechnik gelegt. Eine Vielzahl der Versuche läuft daher im Blindbetrieb ab, d. h. ohne Kommunikation zum Verkehrsteilnehmer. In einigen Pilotprojekten werden den Lkw-Fahrern Informationen über die Anzahl freier Parkstände (numerisch) mittels dynamischer Wegweisung in unmittelbarer Nähe zur Rastanlage angezeigt.

Mit Parkinformationen über freie Kapazitäten von mehreren Rastanlagen auf dem Streckenabschnitt wird eine bessere räumliche Verteilung über mehrere Anlagen hinweg erwartet. Mittels Beschilderung ist dies aus wahrnehmungspsychologischen Gesichtspunkten nicht möglich (siehe auch VwV-StVO zu §§ 39-43, Absatz 11, Häufung von Verkehrszeichen, 2001). Hierfür eignen sich jedoch fahrzeuginterne Informationssysteme.

Bereits heute bietet der analoge Rundfunk die Möglichkeit, digital codierte Verkehrsmeldungen über das Radio Data System (RDS) als TMC-Meldung zu verbreiten. Ereignisinformationen werden über TMC durch die Landesmeldestellen und Rundfunkanstalten verbreitet. Diese umfassen derzeit überwiegend Stauereignisse sowie Verkehrsstörungen infolge von Baustellen, Unfällen und besonderen Wetterereignissen. TMC bietet auch technische Möglichkeiten, Parkinformationen von Rastanlagen zu versenden. TMC-fähige Endgeräte können die Meldungen decodieren

und Verkehrslageinformationen teilweise bereits in der Navigation berücksichtigen (KLEINE, 2007).

Zukünftig bietet das Übertragungsprotokoll TPEG (Transport Protocol Experts Group) die Möglichkeit, weiterführende Parkinformationen über digitalen Rundfunk oder internetbasierte Mobilfunkkommunikation in die Fahrzeuge zu übermitteln (TISA, 2013). Geeignete Flottenmanagement- und Navigationsgeräte an Bord des Fahrzeuges könnten zukünftig diese Informationen aufbereiten und den Fahrer bei der Wahl der Rastanlage lenkend unterstützen.

Individualisierte Mobilitätsdienste sollen sich dadurch auszeichnen, dass die Fahrzeugführer unter Berücksichtigung der gewählten Fahrtroute, der verbleibenden Lenk- und der erforderlichen Ruhezeit sowie Parkinformationen zu geeigneten freien Parkständen geführt werden. Für die erfolgreiche Umsetzung ist, wie auch bei Staumeldungen, eine enge Zusammenarbeit verschiedener Akteure erforderlich. So müssen Rundfunkanstalten, Landesmeldestellen, Nutzerorganisationen, Endgerätehersteller sowie Diensteanbieter gemeinsam an der Umsetzung derartiger Dienste arbeiten. Diesem Ziel, individualisierte Mobilitätsdienste flächendeckend zu ermöglichen, hat sich das Projekt „Metadatenplattform Verkehrsinformationen“ der High-tech-Initiative der Bundesregierung verschrieben. Innerhalb des Projektes wurde ein Mobilitätsdatenmarktplatz (MDM) entwickelt und erprobt, der den Diensteanbietern das Suchen und Beziehen von dynamischen Daten des Straßenverkehrs erleichtert. Der Pilotbetrieb des MDM hat Mitte 2011 begonnen und soll 2014 in den Regelbetrieb übergehen (MDM, 2011).

2.4.2 Dynamische Wegweisung mit Parkinformationen

Vermittelbare Informationen

Nach Befragungen in einer Studie im Auftrag des Ministeriums für Wissenschaft, Wirtschaft und Verkehr des Landes Schleswig-Holstein entscheiden sich 54 % aller befragten Lkw-Fahrer spontan und 29 % ca. 1 Stunde vorher, welche Rastanlage sie anfahren (ISL Baltic Consult, 2009). Bei den bislang durchgeführten Pilotprojekten werden die Parkinformationen über dynamische Wegweiser in wenigen Hundert Metern Entfernung zur Rastanlage angezeigt. Für Lkw-Fahrer stellen Informationen dynamischer Wegweiser in unmittelbarer Nähe zur

Rastanlage damit zwar eine wichtige Orientierungshilfe, jedoch kein Planungsinstrument dar.

Über dynamische Wegweiser wird lediglich die numerische Anzahl freier verkehrsrechtlich ausgewiesener Parkstände für Lkw auf der Rastanlage vermittelt. Bei Anwendung von Bilanzierungsverfahren handelt es sich hierbei um eine aus der Anzahl ein- und ausfahrender Lkw abgeleitete Parkinformation.

Funktionalität

Die im Bund-Länder-Fachausschuss „Straßenverkehrsordnung/-ordnungswidrigkeiten“ (BLFA-StVO/OWi) abgestimmten Beschilderungsvorgaben für telematisches Lkw-Parken sehen die Darstellung von numerischen Parkinformationen für eine einzige Rastanlage vor (siehe Bild 5).

Die dynamische Wegweisung wird räumlich getrennt zur bestehenden Beschilderung aufgestellt (additive Aufstellung) und befindet sich ca. 350-400 m vor der Ausfahrttafel (Wegweiser zur Rastanlage). Weiterhin liegt den Straßenbauverwaltun-



Bild 5: Dynamische Wegweiser vor der Rastanlage Brohltal-Ost (Foto: Landesbetrieb Mobilität Rheinland-Pfalz)

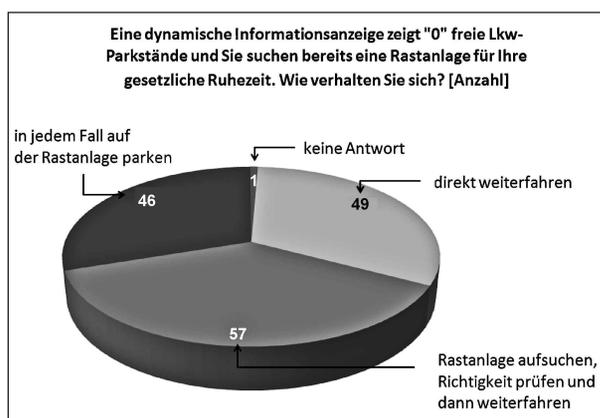


Bild 6: Auszug einer Befragung von Lkw-Fahrern (basierend auf ISL Baltic Consult, 2011)

gen ein Konzept des BLFA-StVO/OWi für Parkinformationen vor, welches auf dem Gelände der Rastanlage eingesetzt werden kann, um eine bessere Verteilung der Lkw innerhalb der Rastanlage zu erreichen (BASt, 2008).

Wirkungsspektrum

Die via dynamische Wegweisung übermittelte Information über die Anzahl freier Parkstände für eine Rastanlage hat eine begrenzte lenkende Wirkung für einen Streckenabschnitt. Auch Befragungen zeigen, dass die Lkw-Fahrer Parkinformationen über mehrere Rastanlagen für die Planung von Lenk- und Ruhezeiten bevorzugen (ISL Baltic Consult, 2011).

Die dynamische Wegweisung mit Parkinformationen kann punktuell für Rastanlagen mit besonders hoher Nachfrage eingesetzt werden, um Parken innerhalb und im Zulauf der Rastanlage zu beeinflussen. Die erwartete Wirkung ist dann, das Parken in der Zufahrt und im vorgelagerten Tankstellenbereich zu vermeiden und auf die verkehrsrechtlich ausgewiesenen Parkstände zu verlagern.

Zu beachten ist, dass der Verkehrsteilnehmer auf der Basis der vermittelten numerischen Parkinformationen selbstständig Rückschlüsse hinsichtlich der Eignung der Rastanlage für die geplante Pause tätigen muss. In der Praxis interpretieren Verkehrsteilnehmer die Information basierend auf eigenen Erfahrungen. Unerwünschte Verhaltensweisen können weiterhin auftreten, wie Befragungen gezeigt haben, z. B. bei Anzeige „0 freie Parkstände“ wird weiterhin verkehrs- und ordnungswidrig geparkt (ISL Baltic Consult, 2011).

Die Auswertung der Befragung von 153 Lkw-Fahrer/Innen im Jahr 2010 ergab, dass ein Drittel der Befragten, „auf jeden Fall auf der Rastanlage parken (würden), wenn eine dynamische Informationsanzeige ‚0‘ freie Lkw-Parkstände (anzeigen) und sie bereits eine Rastanlage für ihre gesetzliche Ruhezeit (suchen)“ (ISL Baltic Consult, 2011). Die Lenkungswirkung ist mittelbar und basiert auf der Annahme, dass Verkehrsteilnehmer die „richtigen“ Schlüsse aus der Information ziehen (siehe auch Bild 6).

Die hohen Kosten für die Installation und Stromversorgung dynamischer Wegweiser mit Parkinformationen sollten mit dem zu erwartenden reduzierten Unfallpotenzial (gemäß durchzuführender Unfallanalysen) im Einzelfall abgewogen werden.

2.4.3 Verkehrswarndienst über TMC

Vermittelbare Informationen

Der analoge Rundfunk bietet die Möglichkeit, digital codierte Verkehrsmeldungen über das Radio Data System (RDS) zu verbreiten. Bereits heute werden seitens der Landesmeldestellen jährlich ca. 300.000 verkehrsrelevante Ereignisse über TMC durch die Landesmeldestellen und Rundfunkanstalten verbreitet. Diese umfassen überwiegend Stauereignisse sowie Störungen infolge von Baustellen, Unfällen und besonderen Wetterereignissen (KLEINE, 2007).

TMC bietet auch die Möglichkeit, Parkinformationen seitens der Rundfunkanstalten zu versenden. Im Rahmen der Pilotprojekte wurde der Einsatz von TMC in Betracht gezogen. Es liegen keine ausgewerteten praktischen Erfahrungen hierzu vor.

Inwieweit Flottenmanagement- und Navigationssysteme an Bord des Fahrzeuges die TMC-Parkinformationen decodieren können, hängt unter anderem von der Aktualität der im Fahrzeug installierten Orts- und Ereignislisten ab (siehe Funktionalität). Auch die Darstellung der Informationen im Fahrzeugendgerät kann herstellerabhängig variieren. Es ist aktuell nicht erhoben, wie viele Endgeräte eine spezielle lenkende und unterstützende Darstellung von Parkinformationen bieten.

Funktionalität

RDS-TMC basiert auf dem ALERT-C-Protokoll (Agreed Layer of European RDS-TMC), welches weltweit standardisiert ist (vgl. CEN-EN-ISO 14819-1). Die Übertragung von TMC-Meldungen in ALERT-C basiert auf Codelisten: Die Location Code List (LCL) dient der Codierung von Orten einer Verkehrsstörung und die Event Code List (ECL) für die Codierung des eingetretenen Ereignisses. Der Aufbau beider Listen ist standardisiert (vgl. CEN-EN-ISO 14819-2 und CEN-EN-ISO 14819-3).

Die LCL umfasst die Streckenabschnitte der Bundesautobahnen gemäß dem Autobahnverzeichnis (KÜHNEN, 2006) einschließlich der Autobahnkreuze, Autobahndreiecke und Anschlussstellen. Im nachgeordneten Netz werden je nach verkehrlicher Bedeutung Bundes-, Land-/Staats-, Kreis- und kommunale Straßen in unterschiedlicher Dichte erfasst. Die zuständigen Stellen in den Bundesländern aktualisieren hoheitlich die LCL. Alle Ände-

rungen werden einmal im Jahr zentral durch die BAST erfasst und die 16 Länderlisten zu einer bundesweiten LCL zusammengefügt und veröffentlicht (BAST, 2013).

Die Codierung von Rastanlagen in der LCL erfolgte bis 2009 nicht vollständig und somit nicht flächendeckend. Meist beschränkte sich die Codierung auf größere, oftmals bewirtschaftete Rastanlagen. Diese dienten bislang im Verkehrswarndienst dazu, den Ort einer Störung mit einer höheren räumlichen Genauigkeit zu beschreiben als allein auf Basis der nächsten Anschlussstelle (KLEINE et al., 2010).

Unbewirtschaftete Rastanlagen wurden in den früheren Versionen der LCL meist als weniger bedeutsam im strategischen Netz des Verkehrswarndienstes eingestuft und daher nicht codiert. Eine Schwierigkeit bei deren Codierung in der LCL besteht darin, dass unbewirtschaftete Rastanlagen in einigen Regionen nicht mit einem Namen beschildert waren. Im Autobahnverzeichnis (KÜHNEN, 2006) sind 2006 knapp 15 % aller Rastanlagen ohne Namen ausgewiesen. Die Angabe des korrekten, an Ort und Stelle ausgewiesenen Namens stellt jedoch die Grundvoraussetzung für alle in der LCL codierten Objekte dar (KLEINE et al., 2010)

Der Umfang der durch die LCL 8.0 abgebildeten Parkstandskapazitäten für Lkw wurde im Juni 2009 erstmals deutschlandweit ermittelt. In der vom 24.03.2009 bis 13.04.2010 im Verkehrswarndienst eingesetzten LCL 8.0 waren 40.185 Objekte codiert. Davon bildeten 832 Codes die 1.198 Park- und Rastanlagen an Autobahnen ab. Dabei werden die Rastanlagen, welche in beiden Fahrtrichtungen vorhanden sind, durch einen Code repräsentiert. Die Informationen zur betroffenen Fahrtrichtung ergeben sich aus den Angaben der Verkehrsmeldung (KLEINE et al., 2010). Insgesamt zeichnete sich eine relativ gute Abdeckung der Rastanlagen in der LCL 8.0 ab, denn bereits zwei Drittel der Gesamtparkstandskapazität aller Rastanlagen auf BAB waren seinerzeit codiert.

Für die Codierung von Rastanlagen stehen in der LCL die in Tabelle 2 genannten Typen zur Verfügung. Erst seit 2010 werden auch alle Autohöfe, mit einer Kapazität von zusammen fast 18.000 Stellplätzen (BMVBS, 2012), in die LCL aufgenommen. Die Autohöfe müssen gemäß der Definitionen von StVO und VwV-StVO zu Zeichen 448.1 auch auf der Autobahn ausgeschildert sein. Diese Autohöfe erfüllen besondere Bedingungen, um eine Ausschil-

Bezeichnung	Typ	Subtyp
Raststätte	P3	3
Rastplatz	P3	4
Parkplatz	P3	8
Parkplatz mit Kiosk	P3	9
Parkplatz mit Kiosk & WC	P3	10
Tankstelle	P3	11
Tankstelle mit Kiosk	P3	12
Motel	P3	13

Tab. 2: Auszug aus der LCL-Typenliste (BASt, 2013)

derung auf BAB zu erhalten, und wurden in die LCL aufgenommen. Die zum Zeitpunkt Januar 2013 aktuelle LCL 12.0 ist seit dem 09.04.2013 verfügbar und voraussichtlich bis April 2014 gültig (s. BASt, 2013).

Die Ereignisliste ECL ist nach ihrer Einführung als Standard 1999 inhaltlich im Jahr 2003 verändert worden und unterlag Änderungen in der deutschen Übersetzung der in englischer Sprache standardisierten Liste. Die seinerzeit gültige ECL enthielt bereits 29 Ereigniscodes (Tabelle 3), die die Belegung von Rastanlagen beschreiben können. Diese lassen sich mit dem Code für die Zusatzinformation „für Lkw“ kombinieren, sodass bereits heute Meldungen über den Grad der Belegung einer Rastanlage in TMC codiert werden könnten.

Mit der 2009 begonnenen Überarbeitung des Standards für die ECL wurden weitere Ereigniscodes in Abstimmung mit den am Verkehrswarndienst beteiligten Stellen aufgenommen:

- Parkplatz geschlossen,
- Gefahr durch Rückstau von parkenden Lkw in der Zufahrt zur Rastanlage,
- zunehmende Belegungstendenz,
- abnehmende Belegungstendenz,
- gleichbleibende Belegungstendenz.

Die Entscheidung zur Erweiterung der Event Code List wurde durch die BASt im europäischen Gremium „Traveller Information Services Association“ (TISA) vertreten. Die Veröffentlichung der Ereigniscodes erfolgt als Version ECL 4.01 (s. BASt, 2013).

TISA ist für die Zertifizierung der beiden Listen zuständig, sodass sowohl die LCL als auch die ECL

Code	Ereignisbeschreibung
20	Tank- und Rastanlage überfüllt, fahren Sie eine andere Tank- oder Rastanlage an
22	Tank- und Rastanlage, Tankstelle geschlossen
23	Tank- und Rastanlage, Raststätte geschlossen
1768	Gefahrguttransporte nächste geeignete Parkmöglichkeit anfahren
1855	weniger als 50 Stellplätze frei
1856	keine Parkinformationen verfügbar (bis Q)
1886	normale Parkregelung aufgehoben
1887	besondere Parkregelung in Kraft
1888	zu 10 % besetzt
1889	zu 20 % besetzt
1890	zu 30 % besetzt
1891	zu 40 % besetzt
1892	zu 50 % besetzt
1893	zu 60 % besetzt
1894	zu 70 % besetzt
1895	zu 80 % besetzt
1896	zu 90 % besetzt
1897	weniger als 10 Stellplätze frei
1898	weniger als 20 Stellplätze frei
1899	weniger als 30 Stellplätze frei
1900	weniger als 40 Stellplätze frei
1903	Parkplatz (zu Q) besetzt
1904	alle Parkplätze (zu Q) besetzt
1905	weniger als (Q) Stellplätze frei
1918	besetzt
1920	nur wenige Stellplätze frei
1921	(Q) Stellplatz(/Stellplätze) frei
1922	Parkplatz weitgehend besetzt
1923	alle Stellplätze weitgehend besetzt
1926	keine Stellplätze mehr frei
1927	Parkverbot (bis Q)
1928	besondere Parkregelung aufgehoben
1990	Parkplatz geschlossen (bis Q)
1991	Gefahr durch auf der Fahrbahn abgestellte Fahrzeuge
1993	Anzahl der freien Parkplätze abnehmend
1994	Anzahl der freien Parkplätze konstant
1995	Anzahl der freien Parkplätze zunehmend
2013	Tank- und Rastanlage ausgelastet

Tab. 3: Auszug aus der Event Code List 4.01 (BASt, 2013)

internationale Standards erfüllen. TMC-Meldungen sind daher in jeder Sprache decodierbar, für die eine Übersetzung der ECL vorliegt. Die LCL wird von Kartenherstellern oft unmittelbar für die Verwendung in Navigationsgeräten aufbereitet und nutzbar gemacht. Mittels TMC lassen sich daher beliebige Kombinationen aus Ereigniscodes und Ortscodes erstellen.

Wirkungsspektrum

Parkinformationen über TMC sind derzeit eine Ausnahme und werden in der Praxis nicht flächendeckend eingesetzt. Zahlreiche Voraussetzungen hierfür wären jedoch erfüllt: TMC steht in Deutschland flächendeckend zur Verfügung und eine Vielzahl der Fahrzeuge verfügt über ein Empfangsgerät (Navigationsgerät, Autoradio).

Das Wirkungsspektrum lässt sich nur theoretisch betrachten: Die Anzahl und Häufigkeit der Aktualisierung von TMC-Meldungen sind technisch bedingt begrenzt. Pro RDS-Sendezyklus von 15 Minuten ist nur ein Bruchteil der Übertragungskapazität für die Übertragung von TMC-Meldungen vorgesehen. In der Praxis bedeutet das, dass innerhalb von 15 Minuten ca. 300 Verkehrsmeldungen übertragen werden können. Bedingt durch die Codierung mit Ereigniscodes und dem Zusatzcode „für Lkw“ muss jede Meldung zu Rastanlagen aus zwei Hauptmeldungen zusammengesetzt werden (vgl. CEN-EN-ISO 14819-1).

Im Allgemeinen werden Verkehrsmeldungen dreimal wiederholt (KLEINE, 2007). Damit ergibt sich für einen Sendezyklus ein Meldungsumfang für theoretisch 50 Rastanlagen pro 15 Minuten. Verkehrsmeldungen mit höherer Bedeutung, z. B. Stau und Unfall, führen zu einer weiteren Reduktion (wobei Staus in den Abend- und Nachtstunden weniger häufig auftreten als tagsüber). Sollen Meldungen zu Rastanlagen alle fünf Minuten aktualisiert werden, dann können rechnerisch nur für 16 Rastanlagen Parkinformationen gesendet werden.

Auf den ersten Blick scheint das Wirkungsspektrum von TMC-Parkinformationen begrenzt. Bislang liegt kein Konzept vor, inwieweit TMC für Parkinformationen flächendeckend genutzt werden könnte.

Neben der Übertragung von Parkinformationen über TMC besteht seit langem die Möglichkeit, diese Parkinformationen im Rahmen des gesprochenen Rundfunks zu übermitteln. Zu beachten ist, dass der hörende Verkehrsteilnehmer nur eine be-

grenzte Informationsmenge erfassen kann. Kurze, lenkende Informationen müssen daher sinnvoll für den gesprochenen Verkehrswarndienst aus den reinen numerischen Parkinformationen aufbereitet werden. Auch hier ist es daher erforderlich, eine abgestimmte Vorgehensweise zwischen Straßenbauverwaltungen (Verkehrsrechnerzentralen), Landesmeldestellen und Rundfunkanstalten zu finden.

2.4.4 Verkehrswarndienst über TPEG

Vermittelbare Informationen

Bei dem Dienst TPEG handelt es sich um die technische Weiterentwicklung von RDS-TMC (vgl. Kapitel 2.4.3). Da TPEG jedoch nicht mehr über den analogen Rundfunk, sondern über den digitalen Rundfunk (DAB, Digital Audio Broadcast) oder Internet (IP, Internet Protocoll) übertragen wird, bietet TPEG neben einigen technischen Fortschritten auch eine deutlich größere Bandbreite an übermittelbaren Informationen. Neben der Übertragung der herkömmlichen Verkehrswarnungen und der Verkehrslage bietet TPEG weitere Applikationen, mit denen zum Beispiel Kraftstoffpreise, Informationen zum öffentlichen Nahverkehr oder zulässige Höchstgeschwindigkeiten übertragen werden können. In der Parking Information Application (PKI, TISA, 2013) können Rastanlagenverfügbarkeit und -preise übermittelt werden. Neben der aktuellen und prognostizierten Verfügbarkeit können unter anderem auch folgende Informationen bereitgestellt werden:

- Betreiber und Adresse,
- Anzahl und Größe der Rastanlage,
- zugelassene Fahrzeuge (z. B. Größe, Beladung),
- Öffnungszeiten,
- Preisgestaltung,
- Facilities: bewacht, Selbstparken,
- weitere Service-Einrichtungen (z. B. Tankstelle, Restaurant etc.).

Mit der PKI-Applikation verfügt TPEG über einen leistungsfähigen Standard zur Übertragung von Parkinformationen zwischen Diensteanbietern und Verkehrsteilnehmern. Zurzeit überträgt der Bayerische Rundfunk in Zusammenarbeit mit dem ADAC und der BMT (Bayerische Medien-Technik) über

DAB+ die Belegung der bayerischen Parkhäuser mit Hilfe von TPEG-PKI (BR, 2011).

Funktionalität

Die TPEG-Übertragung ist plattformunabhängig, sodass die Übertragung über den digitalen Rundfunk, alternativ jedoch auch über Internet oder digitales Fernsehen erfolgen werden kann.

Während der auf dem analogen Rundfunk basierende RDS-TMC-Dienst schon jetzt deutschlandweit verfügbar ist, hat der auf dem digitalen Rundfunk basierende TPEG-Dienst zurzeit nur eine geringe Netzabdeckung. Nach einem weitestgehend erfolglosen Einsatz von DAB seit 1995 (REILING, 2013) wurde mit der Einführung von DAB+ am 01.08.2011 ein Neustart mit deutlich verbessertem Programmangebot durchgeführt. Auch wenn in den kommenden Jahren mit einer flächendeckenden Versorgung aller Autobahnen mit digitalem Rundfunk ausgegangen werden kann, muss die Ausstattung mit TPEG-fähigen Endgeräten erst noch aufgebaut werden.

Der alternative Übertragungsweg der TPEG-Meldung über das Internet (TPEG over IP) ist technisch weniger problematisch. Die Firma BMW überträgt mittels Mobilfunk seit einigen Jahren ihre Verkehrsinformationen über „TPEG over IP“ in die Fahrzeuge (BMW, 2013). Unter Berücksichtigung der zunehmenden Nachfrage weiterer Dienstleister (z. B. Flottenmanagement) nach internetbasierten Lösungen stellt der Übertragungsweg via Internet eine gute und verhältnismäßig schnell verfügbare Alternative dar.

Wirkungsspektrum

Die vielfältigen Informationen, die mit einer TPEG-Nachricht übertragen werden können, bieten gerade für die Nutzung in Navigationsgeräten eine breite Fülle an Anwendungsmöglichkeiten. In Kombination mit weiteren Informationen, wie zum Beispiel der gewählten Route, der verbleibenden Lenkzeit oder der Größe des Fahrzeugs, kann das Gerät eine personalisierte Empfehlung aus Parkinformationen ableiten.

In vielen Navigationsgeräten und auch den Anwendungen für Smartphones könnte „TPEG over IP“ mit verhältnismäßig geringem Aufwand empfangen werden, da die benötigte Mobilfunkanbindung in den Fahrzeugen teilweise schon vorhanden ist. Ein

Problem dieser IP-basierten Mobilfunkübertragung stellen jedoch momentan die Kosten für die benötigte Datenverbindung dar. Im Heimatnetz sind die laufenden Kosten für die zu übertragenen Datenmengen oft durch Pauschalen (Flatrate) abgedeckt, außerhalb des Heimatnetzes können die teilweise hohen Roaming-Kosten jedoch die Verbreitung der IP-basierten Übertragung bei ausländischen Verkehrsteilnehmern hemmen.

Während die momentan noch fehlende Netzabdeckung für „TPEG over DAB“ ein Nachteil ist, bietet die neue Technik jedoch einige Vorteile gegenüber RDS-TMC:

- Ein wesentlicher Unterschied von DAB zum herkömmlichen RDS-TMC ist die deutlich schnellere Übertragungsgeschwindigkeit des digitalen Rundfunks. In Kombination mit der in TPEG nicht benötigten Verifizierung der Meldung (dreimalige Wiederholung) kann die generierte Meldung fast direkt im Fahrzeug weiterverarbeitet werden.
- Neben der schnellen Übertragung der Nachrichten ist auch das verfügbare Datenvolumen im digitalen Rundfunk deutlich größer als im analogen Rundfunk. Im Gegensatz zu RDS-TMC können alle benötigten Informationen zu Rastanlagen mit TPEG codiert und anschließend übertragen werden.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass „TPEG over DAB“ in der Zukunft eine erfolgsversprechende Übertragungsmöglichkeit darstellt. In den nächsten Jahren ist jedoch nicht mit einer flächendeckenden DAB-Verfügbarkeit zu rechnen (REILING, 2013), sodass „TPEG over IP“ zunächst eine sinnvolle Alternative mit überschaubarem technischem Aufwand darstellt.

2.4.5 Mobilitätsdatenmarktplatz „Verkehrsinformationen“ und Anbindung privater Dienste

Vermittelbare Informationen

Die Informationsbereitstellung ins Fahrzeug kann nicht nur einen wesentlichen Beitrag zur Erhöhung der Verkehrssicherheit leisten, sondern auch zu individualisierten Mobilitätsdiensten führen.

Das Übertragungsprotokoll TPEG bietet die Möglichkeit, umfassende Parkinformationen über digitalen Rundfunk oder internetbasierte Mobilfunkkom-

munikation in die Fahrzeuge zu übermitteln. Zwingend erforderlich wird dann die Unterstützung des Fahrers im Umgang mit der Fülle an Verkehrs- und Parkinformationen durch spezielle Applikationen des Endgerätes. Dafür bedarf es geeigneter Flottenmanagement- und Navigationssysteme an Bord des Fahrzeuges, die diese Informationen aufbereiten und den Fahrer bei der Wahl der Rastanlage lenkend unterstützen.

Die reine Verkehrsinformation wird Teil eines individualisierten Mobilitätsdienstes, der sich dadurch auszeichnen soll, dass die Fahrzeugführer unter Berücksichtigung ihrer gewählten Fahrtroute, der verbleibenden individuellen Lenk- und der erforderlichen Ruhezeit sowie der Parkinformationen von Rastanlagen zu geeigneten freien Parkständen geführt, d. h. navigiert, werden.

Funktionalität

Mit dem MDM soll erstmals ein zentrales Portal mit den gesammelten Informationen über verfügbare Online-Verkehrsdaten einzelner Organisationen und existierender (Teil-)Plattformen bereitgestellt werden (MDM, 2011). Dieses Portal erlaubt z. B. Service-Providern (individuelle Mobilitätsdienste), der öffentlichen Hand (kollektive Verkehrsbeeinflussung) und den Rundfunkanstalten (Verkehrswarndienst) das Anbieten, Suchen und Abonnieren von verkehrsrelevanten Online-Daten, u. a. Daten von Rastanlagen.

Wirkungsspektrum

Für die Verbreitung von Parkinformationen für Rastanlagen könnte der MDM, wie nachfolgende drei Beispieldienste beschreiben, genutzt werden (MDM, 2013a):

- Dienst 1 (Bild 7): Bereitstellung der Daten von Rastanlagen für Rundfunkanstalten und Verbreitung der daraus ermittelten Parkinformationen über stark ausgelastete Rastanlagen über RDS-TMC in die Endgeräte (Navigationsgeräte) im Fahrzeug.
- Dienst 2 (Bild 8): Bereitstellung der Daten über die aktuelle Belegung von Lkw-Parkständen auf Rastanlagen für Disponenten von Speditionen und Logistikdienstleistern. Diese bereiten die Daten für ihre Dienste auf und kommunizieren im Ergebnis Parkinformationen.
- Dienst 3 (Bild 9): Bereitstellung der Daten an Diensteanbieter, die daraus Informationen über

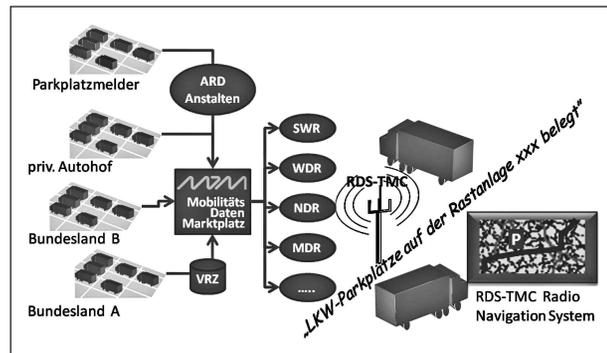


Bild 7: Veranschaulichung Dienst 1

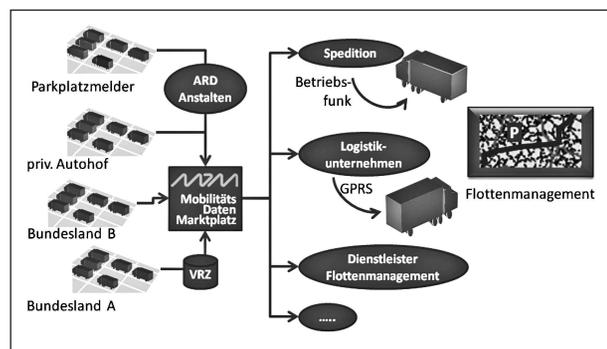


Bild 8: Veranschaulichung Dienst 2

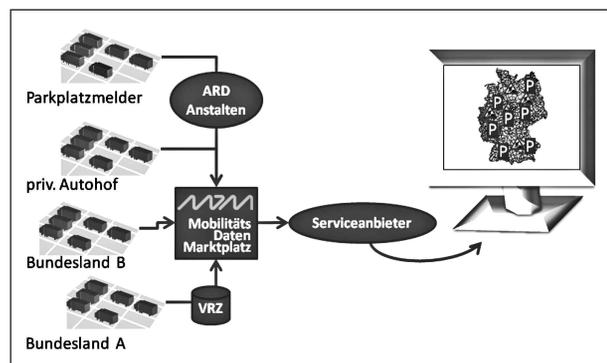


Bild 9: Veranschaulichung Dienst 3

die aktuelle Belegung von Lkw-Parkständen auf Rastanlagen ableiten und im Internet (z. B. im Zusammenhang mit aktuellen Informationen über BAB-Baustellen und Level-of-Service-Angaben zum BAB-Netz) bereitstellen.

Für alle drei Dienste können folgende Vorteile durch eine Verbreitung der Daten über den MDM erreicht werden:

- keine bilateralen Schnittstellen zwischen Datenquellen (z. B. Verkehrsrechnerzentrale, Autohof) und Abnehmern (z. B. Logistikfirmen, Rundfunkanstalten) erforderlich, damit deutlich geringerer Aufwand bei den Bundesländern und mehr verfügbare Eingangsdaten,

- Abbau von Hemmnissen bei der Verbreitung der Informationen durch (private) Diensteanbieter,
- jederzeit aktuelle Informationen an zentraler Stelle zur Weiterverarbeitung in Fahrzeugen und Flottenmanagementsystemen verfügbar und damit Schaffung der Voraussetzung individualisierter Mobilitätsdienste.

Seitens des MDM werden Schnittstellen zu allen Verkehrsrechnerzentralen des Bundes geschaffen (MDM, 2013b). Für die Datenübertragung erforderlich ist die Definition der Datenübertragung in den Technischen Lieferbedingungen für Streckenstationen (siehe auch TLS, 2012), damit die auf der Rastanlage erhobenen Daten in den Verkehrsrechnerzentralen vorliegen. Zur Weitergabe der Daten von den Verkehrsrechnerzentralen an den MDM ist die Erweiterung des DATEX-II-Profiles erforderlich (DATEX, 2013). Der Bund-Länder-Arbeitskreis Verkehrsrechnerzentralen (AK VRZ) befasst sich aktuell auch mit dieser Fragestellung. Zukünftig bedarf es noch eines Konverters von DATEX II zu TPEG, damit Endgeräte im Fahrzeug Parkinformationen erhalten können.

Insbesondere Anbieter von Fahrzeugbordcomputern (meist im Rahmen von Bordflottenmanagementsystemen) sind gefordert, geeignete Mensch-Maschine-Schnittstellen zu entwickeln, denn die Darstellung von Parkinformationen bzw. Handlungsempfehlungen darf nicht zur Ablenkung der Fahrzeugführer während der Fahrt führen.

2.5 Steuerungsstrategien

2.5.1 Ziele der Steuerung

Ziele des Einsatzes telematischer Einrichtungen zur Steuerung des Lkw-Parkens auf hochbelasteten Rastanlagen sind einerseits die Verteilung der Nachfrage auf der Rastanlage selbst und auf benachbarte Anlagen mit Kapazitätsreserven sowie die Reduktion des Parksuchverkehrs von Lkw-Fahrern. Andererseits wird eine Erhöhung der Kapazität durch die bessere Nutzung der vorhandenen Fläche auf der Rastanlage erzielt. Durch die besonderen Parkverfahren der Lkw können Fahrgassen entfallen und für zusätzliche Parkstände genutzt werden.

Ziel 1 – Parkinformationen zur Verteilung der Nachfrage

Die Reduktion des Parksuchverkehrs und eine bessere Nachfrageverteilung werden erzielt, indem die Lkw-Fahrer im Vorfeld über die freie Parkstandskapazität einer einzelnen oder mehrerer Rastanlagen informiert werden. Die vorhandenen Kapazitäten einer Strecke werden besser genutzt, jedoch nicht dadurch erhöht.

Seitens der Europäischen Kommission wird im Rahmen einer Verordnung zur ITS-Direktive von „Prioritätszonen“ gesprochen, die dadurch charakterisiert sind, dass innerhalb eines Streckenabschnitts Rastanlagen häufig überbelegt sind, andere Rastanlagen im gleichen Streckenabschnitt zeitgleich jedoch noch freie Parkstände aufweisen. Damit wird deutlich, dass durch Parkinformationen eine Verlagerung und damit die Reduktion ordnungswidrig oder verkehrsgefährdend parkender Fahrzeuge erreicht werden sollen (Europäische Union, 2013).

Im Rahmen der Pilotprojekte wurden nur Parkinformationen für einzelne Rastanlagen (d. h. nicht streckenbezogen) mit Hilfe von dynamischen Wegweisern an der Autobahn übermittelt.

Ziel 2 – Erhöhung der Kapazität auf einer Rastanlage

Auf der Rastanlage Montabaur an der BAB A 3 wird seit 2005 das Steuerungsverfahren „Kolonnenparken“ im Pilotbetrieb eingesetzt, welches die Kapazität der Rastanlage erhöht, indem Lkw dicht hintereinander zur selben Zeit oder später als die vor ihnen parkenden Lkw die Rastanlage verlassen wollen. Das Gleiche wird auch bei dem von der BAST 2009 entwickelten Verfahren „Kompaktparken“ erzielt.

Das Verfahren Kolonnenparken beruhte bis zur Erweiterung im Jahr 2012 darauf, dass alle Fahrer vor einer Schranke an einem Terminal ihre Abfahrtszeit und die Fahrzeuglänge eingeben. Die Fahrzeuglänge wird inzwischen automatisch detektiert und muss von den Nutzern nicht mehr manuell eingegeben werden. Der Kern des Steuerungsverfahrens Kolonnenparken ist, dass den Fahrern auf der Grundlage ihrer eingegebenen Daten ein freier Parkstand zugewiesen wird. Dabei berücksichtigt das Steuerungsverfahren die Abfahrtszeiten und die Standorte bereits parkender Fahrzeuge (FOLLMANN, MENGE, 2009).

Beim Kompaktparken werden mittels dynamischer Anzeigen in freien Parkstandsreihen voraussichtlich nachgefragte Abfahrtszeiten für Kurz- und Langzeitparker angeboten. Füllt sich der Parkbereich, wird das Angebot auf die am stärksten nachgefragten Abfahrtszeiten reduziert. Ankommende Fahrer entscheiden anhand ihrer geplanten Abfahrtszeit und ihrer Fahrzeuglänge selbst, wo sie parken. Detektoren erkennen die vollständige Belegung einer Parkstandsreihe (KLEINE, LEHMANN, 2009).

In den nachfolgenden Kapiteln wird der Stand der Entwicklungen zu Steuerungsverfahren für einzelne Rastanlagen (Kapitel 2.5.2) gegeben. Außerdem werden die beiden Steuerungsverfahren für die Kapazitätserhöhung vorgestellt (Kapitel 2.5.4 und 2.5.5).

2.5.2 Steuerungsverfahren für einzelne Rastanlagen

Im Einzelfall kann die Information über freie Parkstände einer Rastanlage auch ohne Einbindung in eine Streckensteuerung, d. h. ohne gezielte Verlagerung der Nachfrage auf benachbarte Rastanlagen, sinnvoll sein. So kann dies für (schlecht einsehbare) Rastanlagen erforderlich sein, bei denen trotz ausreichender Parkstandskapazität wiederkehrend beobachtet werden kann, dass zahlreiche Lkw im Bereich der Tankstelle und der Zufahrt abgestellt werden.

Das genaue Potenzial dynamischer Wegweisung mit der Angabe freier Parkstände kann anhand der Pilotprojekte nicht abgeschätzt werden, da Daten zum Vorherzustand (ohne aktuelle Parkinformationen) nicht in vergleichbarem Maße vorliegen. Bild 10 zeigt, dass die Zahl der Verkehrsteilnehmer, die trotz aktueller Parkinformationen unerlaubt in der Zufahrt zur Rastanlage parken würden, gemäß einer Befragung von 153 Verkehrsteilnehmern 28 % beträgt. Diese Größe ist vor dem Hintergrund zu bewerten, dass im Zeitraum der Befragung zwischen Mai und November 2010 die Parkinformationen nur via dynamische Wegweisung für einzelne Rastanlagen an der Strecke übermittelt wurden und die Erfahrungen der Befragten im Umgang mit dynamischen Parkinformationen gering waren.

Die Befragung ergab zudem, dass nur etwa 12 % der Befragten nach eigener Einschätzung eine Parkinformation für nur eine Rastanlage als ausrei-

chend empfinden (vgl. Kapitel 4.5 und Anhang 9.23). Eine Verlagerungswirkung ist folglich ohne zusätzliche Informationen über benachbarte Rastanlagen nur in geringem Umfang zu erwarten.

Parkinformationen für einzelne Rastanlagen umfassen die Angabe zur Anzahl freier Parkstände auf der Rastanlage (Kapitel 2.4.2). Bei Einzelparkstandsdetektion ergibt sich diese Größe unmittelbar aus der Detektion. Wird ein Bilanzierungsverfahren eingesetzt, muss die Anzahl freier Parkstände durch die Steuerung errechnet werden.

Für die Anzahl Fahrzeuge, die auf einer Rastanlage zum Zeitpunkt t sind, werden beim Bilanzierungsverfahren alle bis zu diesem Zeitpunkt (seit dem Start) eingefahrenen Fahrzeuge addiert und die Summe aller ausgefahrenen Fahrzeuge subtrahiert:

$$B(t_n) = \sum E(t_x \leq t_n) - \sum A(t_x \leq t_n) \quad (\text{Gl. 1})$$

Ist der Startwert nicht „0“ so muss der Startwert in der Berechnung wie folgt berücksichtigt werden:

$$B(t_n) = B(t_{n-1}) + \sum E(t_x \leq t_n) - \sum A(t_x \leq t_n) \quad (\text{Gl. 2})$$

mit

$B(t_n)$ Summe Fahrzeuge zum Zeitpunkt t_n

$E(t_x)$ eingefahrenes Fahrzeug zum Zeitpunkt t_x

$A(t_x)$ ausgefahrenes Fahrzeug zum Zeitpunkt t_x

$B(t_{n-1})$ Startwert (entspricht der Belegung $B(t_{n-1})$ des vorherigen Intervalls)

Zur Berechnung der Anzahl freier Parkstände wird gemäß Gleichung 1 angenommen, dass alle Fahr-

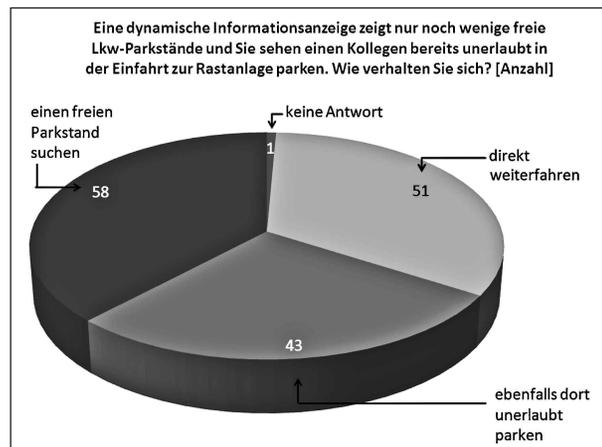


Bild 10: Auszug einer BAST-veranlassten Befragung von Lkw-Fahrer/Innen (II), basierend auf ISL Baltic Consult, 2011

zeuge auf der Rastanlage einen Parkstand einnehmen. Die Anzahl Fahrzeuge auf der Rastanlage $B(t_n)$ wird von der Anzahl aller verkehrsrechtlich ausgewiesenen Lkw-Parkstände auf der Rastanlage subtrahiert und ergibt die Anzahl freier Parkstände.

2.5.3 Intelligente Streckensteuerung über mehrere Rastanlagen

Einen großen Beitrag zur Verbesserung der Nachfragesituation für Lkw-Parkstände an BAB können intelligente Streckensteuerungen leisten. Dabei müssen die Parkinformationen mehrere (ggf. alle) Rastanlagen eines Streckenabschnitts umfassen. Idealerweise erfolgt eine Information darüber, welche Rastanlage über ausreichende freie Kapazitäten erfolgt, insbesondere dann, wenn einzelne Rastanlagen im Streckenabschnitt bereits keine freien Parkstände mehr aufweisen.

Die Darstellung streckenbezogener Parkinformationen kann unter Berücksichtigung wahrnehmungspsychologischer Aspekte nicht durch Beschilderung geleistet werden (siehe Kapitel 2.4). Für Steuerungsverfahren ergeben sich daraus größere Spielräume, aus der detektierten Nachfrage sinnvolle streckenbezogene Informationen für verschiedene Kommunikationswege abzuleiten.

Bislang existiert keine automatische Steuerung für die Einbindung von Parkinformationen in TMC oder TPEG, sodass hier Entwicklungsbedarf besteht.

2.5.4 Kolonnenparken

Das in der Patentschrift EP 1 408 455 B1 (EP 1 408 455 B1, 2007) beschriebene Verfahren „Anlage zur optimalen Ausnutzung des Parkraumes von Parkplätzen für Kraftfahrzeuge“ (im Weiteren bezeichnet mit „Kolonnenparken“) ist dadurch charakterisiert, dass durch technische Unterstützung Lkw-Fahrern ein freier Parkstand zugewiesen wird. Dabei soll mit Kenntnis der Länge und Abfahrtszeit der Fahrzeuge ein Hintereinanderaufstellen von Fahrzeugen, die zeitlich nacheinander abfahren, erzielt werden. Es sollen mehrere Lkw ohne Fahrgasse unmittelbar hinter- und nebeneinander parken. Der Nutzen des Kolonnenparkens liegt somit in der Schaffung von zusätzlicher Parkstandskapazität ohne weiteren konventionellen Ausbau, da durch die Umnutzung der Fahrgasse zwischen parallelen Parkflächen zusätzliche Parkstände entstehen.

Der Prozess eines Belegungsvorgangs mit einem Lkw auf der Rastanlage beginnt mit der Ankunft des Fahrers an einem Terminal (Bild 11), wo der Fahrer seine Fahrzeuglänge (bis zur Erweiterung im Jahr 2012) und die geplante Abfahrtszeit eingeben muss, um den Parkbereich befahren zu können (EP 1 408 455 B1, 2007). Seit 2012 wird die Länge des Fahrzeuges automatisch detektiert. Für ein reibungsloses Funktionieren müssen die Angaben des Fahrers inhaltlich korrekt sein. Abschließend bestätigt der Fahrer seine Eingaben und fordert einen Parkschein an.

Im Steuerungsrechner wird geprüft, ob ein Parkstand frei ist, der für das Fahrzeug eine ausreichende Länge bietet, und ob die in der Reihe bereits parkenden Fahrzeuge eine frühere Abfahrtszeit haben. Ist ein geeigneter Parkstand auf der gesamten Rastanlage nicht zu finden, wird der Lkw-Fahrer mit seinem Fahrzeug abgewiesen (Schranke öffnet nicht). Andernfalls wird ihm eine geeignete Parkstandsreihe zugewiesen und der Fahrer kann in den Parkbereich einfahren.

Auf einem Parkschein wird der Fahrer informiert, in welcher Parkstandsreihe (Bild 12) er sein Fahrzeug abstellen soll (M+C Lkw-Parksysteme GmbH & CoKG, 2013). Seit 2012 wird dies auch damit unterstützt, dass die zugewiesene Reihe mit einem grün leuchtenden Pfeil zusätzlich verdeutlicht wird.



Bild 11: Anfahrt Terminal auf TR-Anlage Montabaur (Sept. 2009)



Bild 12: Ausweisung der Parkstandsreihen auf TR-Anlage Montabaur (Sept. 2009)

Anzumerken ist, dass 2012 begonnen wurde, Kolonnenparken auf der Rastanlage Montabaur mit neuer Detektion (Restlängenmessung je Reihe) und überarbeiteter Steuerungssoftware für einen Automatikbetrieb ohne personelle Betreuung vor Ort zu ertüchtigen. Insbesondere die geplante Fahrzeugverfolgung erlaubt die Korrektur des Belegungsplanes bei falsch angefahrenen Parkstandsreihen.

Es ist beim Kolonnenparken nicht erforderlich, dass die Lkw-Fahrer aufrücken, wenn ein Parkstand vor ihnen in der Reihe frei wird.

Das Kolonnenparken wurde 2005 auf der Rastanlage Montabaur erstmals praktisch erprobt. Beobachtungen auf der TR-Anlage Montabaur zeigten, dass vereinzelt Fahrer aus unterschiedlichen Gründen heraus fehlerhafte Eingaben tätigten oder nicht die zugewiesene Parkstandsreihe anfahren. Die seinerzeit vorgesehenen Erdmagnetfeldsensoren sind aktuell nicht mehr in Betrieb, sodass bis 2012 Fehlverhalten der Fahrer mit Personal an Ort und Stelle erfasst werden musste.

Vor 2005 waren auf der Rastanlage Montabaur 42 Parkstände für Lkw vorhanden. Durch die Umgestaltung der Rastanlage im Rahmen der ersten Pilotphase und Rückbau von Grüninseln in Vorbereitung des Kolonnenparkens wurden seinerzeit 59 verkehrsrechtlich ausgewiesene Parkstände geschaffen. Zwischen 2005 bis 2012 konnten mittels Kolonnenparken zusätzlich täglich zwischen 16:00 und 24:00 Uhr 25 weitere Parkstände in Form des Kolonnenparkens genutzt werden. Außerhalb dieser Zeiten sollten die Fahrzeuge konventionell par-

ken. In den Nachtstunden standen 84 Parkstände durch die Umnutzung der Fahrgassen im Kolonnenparken, also 25 zusätzliche Parkstände im Vergleich zur konventionellen Parkstandsanzahl, zur Verfügung.

Nach dem Umbau und Neugestaltung des Lkw-Parkbereichs 2012 stehen zum Zeitpunkt der Berichtslegung 23 Reihen und damit bei einer Belegung von 3 Lkw je Reihe rechnerisch 69 Parkstände ganztägig im Kolonnenparken zur Verfügung.

2.5.5 Kompaktparken

Das Steuerungsverfahren „telematisch gesteuertes Kompaktparken“ (im Weiteren kurz bezeichnet als „Kompaktparken“) zeichnet sich ebenfalls dadurch aus, dass mehrere Lkw ohne Fahrgasse kompakt, unmittelbar hinter- und nebeneinander parken. Der Nutzen des Kompaktparkens liegt somit auch in der Schaffung von zusätzlicher Parkstandskapazität ohne weiteren konventionellen Ausbau, da durch die Umnutzung der Fahrgasse zwischen parallelen Parkflächen zusätzliche Parkstände entstehen. Um Behinderungen zu vermeiden, sollen nur Fahrzeuge in einer Parkstandsreihe parken, welche die gleiche Abfahrtszeit haben oder später als die davor parkenden Fahrzeuge abfahren. Erstmals vorgestellt wurde das Verfahren in KLEINE und LEHMANN (2009).

Das telematisch gesteuerte Kompaktparken beruht auf der dynamischen Zuweisung von virtuellen Abfahrtszeiten zu einer Parkstandsreihe (siehe Bild 13). Fortlaufend erhalten die Fahrzeugführer über

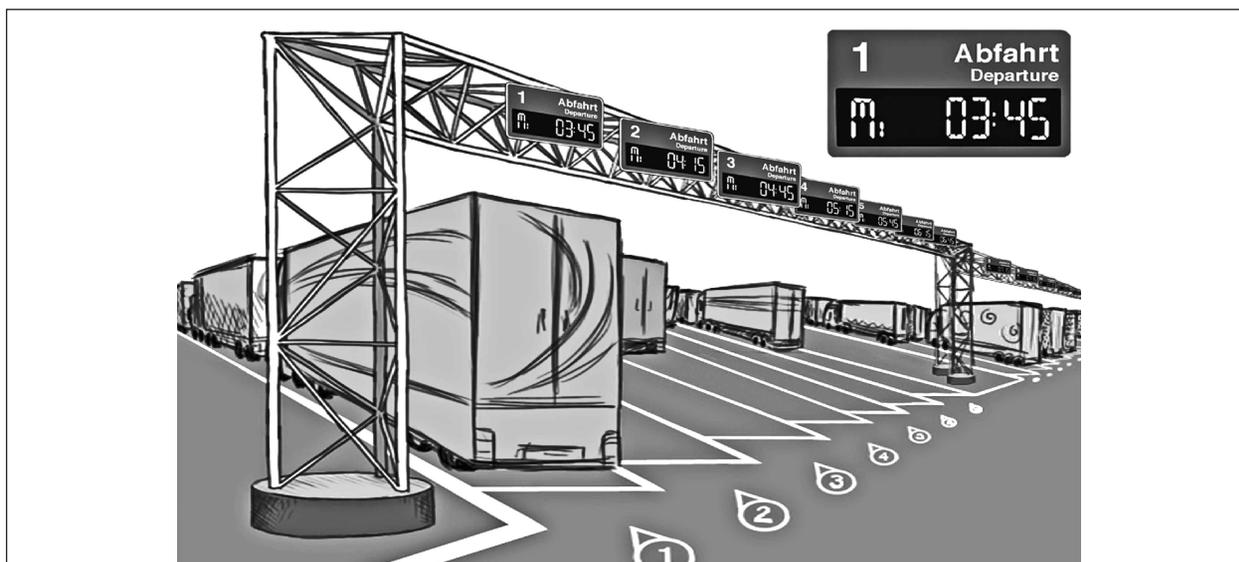


Bild 13: Kompaktparken mit dynamischen Abfahrtszeitanzeigen

dynamische Anzeigen oberhalb der Parkstandsreihen Abfahrtszeiten angezeigt. Ankommende Fahrzeugführer sollen mit Hilfe dieser Information in der Reihe parken, in der die eigene geplante Abfahrtszeit angezeigt wird.

Die Kenntnis der zu erwartenden Nachfrage ist die Grundlage zur Festlegung sinnvoller virtueller Abfahrtszeiten für die verfügbaren Parkstandsreihen einer Rastanlage. Bei ausreichendem Befolgungsgrad entspricht dann die angenommene der Reihe zugewiesene Abfahrtszeit der tatsächlichen Abfahrtszeit der Fahrzeuge in der Reihe.

Die Fahrer entscheiden selbstständig anhand der erkennbaren Restlänge einer Reihe, ob sie ihr Fahrzeug dort noch parken können, und entscheiden sich somit selbst für eine geeignete Parkstandsreihe. Es ist nicht erforderlich, dass die Lkw-Fahrer aufrücken, wenn ein Parkstand vor ihnen in der Reihe frei wird.

Bild 14 verdeutlicht die Funktionsweise der Steuerung für einen Ausschnitt des Parkbereichs mit vier Parkstandsreihen. Die Aufenthaltszeit wird immer in Bezug zur aktuellen Uhrzeit umgerechnet und in Form von Abfahrtszeiten auf den dynamischen Anzeigen dargestellt. Um 20:00 werden in Bild 14 ausgehend von der vermuteten Nachfrage die Abfahrtszeiten von 6:00 bis 7:30 angeboten (das entspricht einer Aufenthaltszeit von 10 bis 11,5 Stunden). Eine zeitliche Aktualisierung ist (parametrierbar) alle 15 Minuten vorgesehen und führt zu den veränderten dynamischen Anzeigen in Bild 14 für den Zeitpunkt 20:15. Dabei werden die angezeigten Abfahrtszeiten um 15 Minuten erhöht. Erfolgt die vollständige Belegung einer Reihe, wie in Bild 14

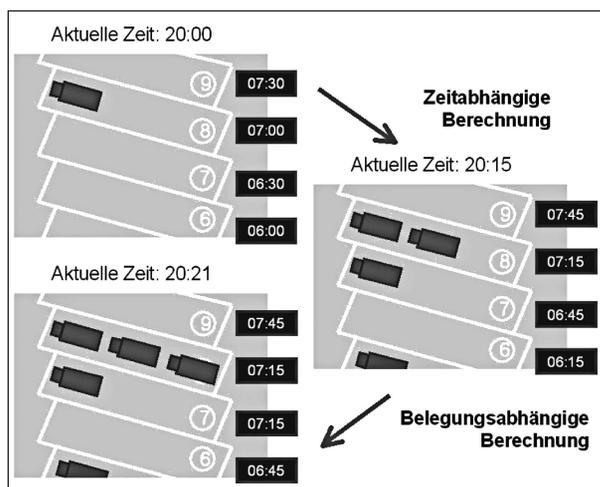


Bild 14: Zeit- und belegungsabhängige Berechnung der Anzeigen

für 20:21 dargestellt, so wird die zugehörige Abfahrtszeit 07:15 auf die benachbarte, noch freie Reihe 7 übertragen und steht dem Verkehrsteilnehmer weiter zur Verfügung. Zu dieser Zeit werden dann in den vier Reihen nur noch Abfahrtszeiten angeboten, die einer Aufenthaltszeit von 10,5 bis 11,5 Stunden entsprechen. Durch die dynamische Freigabe von freien oder teilweise gefüllten Reihen ist demnach keine Behinderung zu erwarten, da die Fahrzeuge in den vorderen Parkständen eine frühere Abfahrt planen.

Das Steuerungsverfahren soll den Fahrern den Eindruck eines unterstützenden Instruments vermitteln und überlässt die Wahl einer Parkstandsreihe bewusst dem Lkw-Fahrer. Das heißt auch, dass keine Korrekturen für ein Fehlverhalten der Lkw-Fahrer im Steuerungsverfahren benötigt werden.

Zur intelligenten Steuerung der dynamischen Abfahrtszeitanzeigen ist der Einsatz von Detektionstechnik erforderlich. Die Detektionstechnik soll für jede Parkstandsreihe mindestens die Erfassung der Belegung des „letzten“ Parkstandes einer Reihe ermöglichen. Dazu eignen sich bereits einfache (Laser-)Sensoren, die an den Querträgern der dynamischen Anzeigen montiert werden.

Die Herausforderung für den neuen Steuerungsansatz besteht somit in der Entscheidung, wann und durch welche neue Abfahrtszeit eine angezeigte Abfahrtszeit ersetzt wird. Dabei hängt vor allem die erzielbare Auslastung der Rastanlage von der Qualität dieser Entscheidung ab.

Die erste Pilotinstallation ist 2014 auf der Rastanlage Jura-West an der BAB A 3 geplant. Bisher liegen ausschließlich Simulationsergebnisse zur Wirksamkeit des Kompaktparkens vor.

3 Übersicht über die Pilotprojekte

Im Blickpunkt der Pilotprojekte der Bundesländer stehen die Erprobung neuer Detektionsverfahren und -techniken für die Belegung von Lkw-Parkständen und die Erfassung der Fahrzeuge auf einer Rastanlage. Anhang 9.1 fasst die verschiedenen Pilotprojekte im BAB-Netz zusammen.

Die Fachhochschule Erfurt hat mit der Laufzeit von September 2010 bis Juni 2013 das Projekt „Telematische Lösungen zur Überbelegung von Lkw-

Rastanlagen an Bundesautobahnen (TeleLaB)“ initiiert. Im Rahmen des Projektes und als Ergebnis einer studentischen Arbeit entstanden in Abstimmung mit der Bundesanstalt für Straßenwesen Steckbriefe für die laufenden oder seinerzeit in Bau befindlichen Pilotprojekte für telematisches Lkw-Parken (siehe FH Erfurt, 2012, und KREMTZ, 2011).

Das Forschungsvorhaben TeleLaB hat das Ziel, „die vorhandenen technischen Möglichkeiten zur Detektion der Rastanlagenbelegung systematisch durch Auswertungen, Befragungen und eigene Labor- und Feldversuche zu evaluieren, um so technische Defizite zu identifizieren und entsprechende Weiterentwicklungen zu induzieren. In einer zentralen Arbeitsphase sollen dafür die Optimierungsmöglichkeiten vorhandener und Einsatzmöglichkeiten neuer Techniken zur verbesserten Detektion der Rastanlagenbelegung analysiert und getestet werden. Dabei sollen auch die rechtlichen Umsetzungshemmnisse, die verkehrsorganisatorischen Effekte, Standardisierungsvorhaben und technologische Entwicklungen im europäischen Rahmen sowie die Kosten mit einbezogen werden, um umsetzbare, wirksame und wirtschaftlich tragfähige Lösungsvorschläge zu entwickeln“ (FH Erfurt, 2012).

Das (Zwischen-)Ergebnis der Arbeiten der FH Erfurt wurde der BASt in Form von Steckbriefen für die Pilotprojekte zur Verfügung gestellt und ist in Auszügen in den Anlagen 9.3 bis 9.22 dargestellt. Der Dokumentationsstand ist Ende Dezember 2011.

4 Bewertung der Systeme für telematisches Lkw-Parken

4.1 Stand bisheriger Bewertungen und Ziele

Die Evaluation der Pilotprojekte beruht seitens der Bundesländer bisher noch auf verschiedenen Bewertungsverfahren. Meist lag der Fokus auf der Detektion, da die detektierte (bzw. abgeleitete) Anzahl freier Parkstände numerisch dem Verkehrsteilnehmer kommuniziert wurde.

Sofern allein Aussagen über die Genauigkeit der einzelnen Detektoren benötigt werden, bietet sich die Vorgehensweise gemäß TLS an (siehe TLS, 2012). Eine umfassende Bewertung der Detektionstechnik für die Zwecke des telematischen Lkw-Parkens erlaubt die TLS-Prüfung jedoch nicht. Zu beachten ist, dass zur Ermittlung der Anzahl Fahr-

zeuge auf der Rastanlage mehr als ein Detektor benötigt wird und somit die eigentliche Informationsqualität vom Zusammenspiel mindestens zweier Detektoren abhängt. Dies wird in der TLS-Prüfung nicht berücksichtigt.

Die Güte und Brauchbarkeit von telematischen Systemen zur Steuerung der Lkw-Nachfrage auf BAB sollen zukünftig mess- und vergleichbar ermittelt werden. Das hierfür nachfolgend entwickelte Bewertungsverfahren soll einfach umsetzbar sein, um eine flächendeckende Bewertung bei geringem Aufwand und Kosten zu ermöglichen. Weiterhin sollen die Ergebnisse für alle Rastanlagen, die auf Basis dieses Bewertungsverfahrens beurteilt wurden, vergleichbar sein. Das Bewertungsverfahren soll zudem die Basis bieten, um die Systemkosten und Aufwände in Relation zur erreichbaren Qualität zu setzen.

Die bisherigen Bewertungsverfahren berücksichtigen außerdem nicht die angestrebte Parkinformation (numerisch/beschreibend, siehe Kapitel 5). Ein Detektor, dessen Daten noch mehrfach plausibilisiert, aufbereitet und zu beschreibenden Parkinformationen überführt werden, muss beispielsweise keine 8+1-Fahrzeugklassifizierung leisten können. Es scheint daher wichtig zu bewerten, ob das, was der Verkehrsteilnehmer wahrnimmt, mit den übermittelten Parkinformationen übereinstimmt. Daher müssen die Referenzdaten aus der Perspektive der Verkehrsteilnehmer erhoben und den Parkinformationen gegenübergestellt werden.

Das Bewertungsverfahren soll aber auch die Randbedingungen des Systems würdigen. So kann ausschließlich eine Einzelparkstandsdetektion Daten über die verkehrsrechtlich ausgewiesenen Parkstände erheben. Bei Bilanzierungsverfahren wird hingegen die Anzahl aller Fahrzeuge auf der gesamten Rastanlage innerhalb des detektieren Bereichs ermittelt und die Anzahl freier Parkstände rechnerisch bestimmt. Falsch wäre es daher, bei Einzelparkstandsdetektion als Referenzwert die Anzahl aller Fahrzeuge auf der Rastanlage zu ermitteln und mit den Daten der Detektion zu vergleichen. Insoweit ist die Perspektive des Verkehrsteilnehmers unter Umständen weiter einzuschränken. In den Referenzdaten spiegelt sich also das wider, was durch das zu bewertende System maximal geleistet werden soll. Diese „Soll“-Forderung wird durch zu erhebende Referenzdaten abgebildet und mit den „Kann“-Leistungen des Systems verglichen.

Bild 15 zeigt für zwei fiktive Systeme A und B deren abstrahierten Fehlerverlauf. Bei beiden Systemen ist die mittlere Fehlerabweichung gleich, jedoch unterscheiden sie sich in der Frequenz. Zu entscheiden ist, ob System B besser ist, weil es zwar häufig hohe Abweichungen aufweist, dafür aber nur für kurze Zeit, oder ob System A geeigneter ist, da es stabiler arbeitet, dafür jedoch über längere Zeit hohe Abweichungen aufweist.

Einfacher ist der Vergleich der Systeme A und C in Bild 16. Je geringer die Abweichung (Amplitude), desto besser ist ein System. Wie sind jedoch die Systeme A, B und C miteinander vergleichbar? Das Bewertungsverfahren soll durch geeignete Kenngrößen den Verlauf der Fehlerkurven der Detektoren charakterisieren und vergleichbar machen.

Unter Berücksichtigung der zuvor genannten Anforderungen an das Bewertungsverfahren wurde ein detektionssystemunabhängiges Bewertungsverfahren entworfen.

Die Qualitätsbewertung basiert auf zwei Bewertungskriterien:

- 1. Kriterium: korrekte Fahrzeugerkennung und -klassifizierung (erlaubt den Rückschluss auf den Kurvenanstieg/Frequenz).
- 2. Kriterium: geringe Abweichung von tatsächlicher und gemessener Anzahl freier Parkstände bzw. Anzahl Fahrzeuge auf der Rastanlage über längere Zeit (erlaubt den Rückschluss auf die Amplitude).

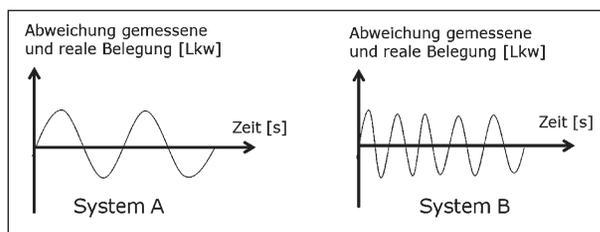


Bild 15: Fehlerverlauf zweier Systeme – unterschiedliche Frequenz

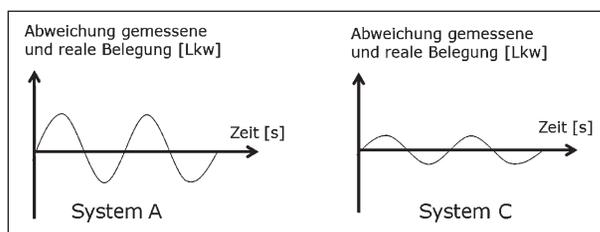


Bild 16: Fehlerverlauf zweier Systeme – unterschiedliche Amplitude

Kriterium 1 gibt Aufschluss über die Genauigkeit bei einem einzelnen Detektionsvorgang. Es wird dazu der Anteil Fahrzeuge ermittelt, die korrekt bzw. nicht korrekt durch einen Detektor erkannt und klassifiziert wurden. Damit ist jedoch noch keine Aussage über das Zusammenspiel aller Detektoren (z. B. in Zu- und Abfahrt oder allen Parkständen) möglich. Daher bildet das Kriterium 2 die Langzeitstabilität ab. Gute Systeme gleichen ohne manuelle Korrekturen Detektionsfehler über die Zeit aus, sodass der Gesamtfehler des Systems bestimmte Toleranzgrenzen nicht übersteigt, d. h., die Abweichung zwischen tatsächlicher und gemessener Anzahl freier Parkstände bzw. Anzahl Fahrzeuge auf der Rastanlage ist auch über längere Zeitbereiche gering.

Das nachfolgend vorgeschlagene Bewertungsverfahren orientiert sich an den Anforderungen und der Wahrnehmung der Verkehrsteilnehmer. Wie im Kapitel 5 vorgestellt, richten sich die dynamischen Daten, die seitens der öffentlichen Hand erhoben werden, nicht nur direkt an den Verkehrsteilnehmer, sondern auch an Diensteanbieter. Die erhobenen Qualitätskennzahlen bieten auch für diese Zwecke eine gute Orientierung und können bei Bedarf im Einzelfall erweitert werden.

Zunächst werden im Kapitel 4.2 die erforderlichen Grundlagen der Statistik und Vorüberlegungen zusammengefasst. Im Kapitel 4.3 wird das Bewertungsverfahren für Einzelparkstandsdetektion vorgestellt. Kapitel 4.4 beinhaltet das Bewertungsverfahren für Bilanzierungsverfahren. Wesentliche Unterschiede liegen in der Referenzdatenerhebung, nicht jedoch in den Bewertungskriterien selbst.

Zu beachten ist, dass die Bewertungsverfahren zum Zeitpunkt der Berichtslegung noch nicht abschließend praktisch verifiziert wurden.

4.2 Grundlagen der Beurteilenden Statistik

„Die Beurteilende Statistik schließt anhand geeigneter Daten auf allgemeine Gesetzmäßigkeiten, die über den Beobachtungszeitraum hinaus gültig sind [...]. Vorausgesetzt es erfolgt eine Zufallsstichprobe, so gibt diese Aufschluss über die Häufigkeit und Zusammensetzung der interessierenden Merkmale der zu beurteilenden Grundgesamtheit [...]. Nach einem Zufallsverfahren entnommene Stichproben haben den Vorzug, dass die aus ihnen ermittelten statistischen Kenngrößen gegenüber der Grundge-

samtheit im allgemeinen nur die unvermeidlichen Zufallsfehler (symmetrisch und meist klein) aufweisen, die, da sie das Resultat nicht verzerren – bei mehrfachen Wiederholungen gleichen sich zufällige Fehler im Mittel aus –, abgeschätzt werden können [...]. Hypothesen können nur geprüft, nie aber bewiesen werden!“ (SACHS, 1992).

Für die Qualitätsbewertung gilt es, die mathematischen Grundsätze der Beurteilenden Statistik so aufzubereiten, dass eine sowohl für Auftraggeber (öffentliche Hand) als auch für Lieferanten von Detektionstechnik und Entwickler von Steuerungsverfahren nachvollziehbare und verlässliche Aussage über die Güte ihrer Produkte getroffen werden kann. Dabei bedarf es eines Verfahrens, welches mit möglichst geringem Aufwand und begrenzten Kosten eine übertragbare und vergleichbare Bewertung telematischer Systeme erlaubt (vgl. Kapitel 5.1).

Begriffsdefinitionen

Am Beispiel „Ziehen von Kugeln aus einer Urne“ sollen knapp die Definitionen wichtiger mathematischer Grundlagen aufgeführt werden, bevor diese auf die Bewertung von Parkinformationen angewandt werden. Die Kugeln in einer Urne sollen 6 verschiedene Farben haben. Die Kugeln werden in der Mathematik als Merkmalsträger bezeichnet, die verschiedene Farben als Merkmalsausprägung (vgl. SACHS, 1992). Übertragen auf die Bewertung der Parkinformationen ist der Merkmalsträger gleich der Abweichung zwischen Parkinformation und tatsächlicher Situation auf der Rastanlage. Dann ist die Merkmalsausprägung gleich der Höhe dieser Abweichung.

„Aufgabe der beurteilenden oder schließenden Statistik ist es, aufgrund einer oder mehrerer Zufallsstichproben aus einer Urne Schlüsse zu ziehen hinsichtlich der Zusammensetzung des Inhalts (der Grundgesamtheit) dieser Urne. Diese Schlüsse sind Wahrscheinlichkeitsaussagen. Grundlage des statistischen Schlusses ist die Wiederholbarkeit der Zufallsstichprobe“ (SACHS, 1992). Interessiert also die Häufigkeit der Kugeln je Farbe in der Urne, so wird mittels Stichprobe versucht, von der Farbzusammensetzung der Stichprobe auf die Farbzusammensetzung aller in der Urne befindlichen Kugeln zu schließen. Wird dies wiederholt unter gleichen Randbedingungen getan, so nähert sich das so geschätzte Ergebnis der tatsächlichen Farbzusammensetzung (ausreichend genau) an.

Übertragen auf Parkinformationen lassen sich Aussagen gewinnen, wie oft und in welcher Höhe Abweichungen zwischen Parkinformation und tatsächlicher Situation auf der Rastanlage vorliegen. Dabei ist es zunächst unerheblich, ob die Parkinformation und Situation durch numerische Aussagen, wie die Anzahl freier Parkstände, oder beschreibende Aussagen, wie „frei“ und „belegt“, beschrieben werden.

Zufällige Stichprobenziehung

Da bei der Einzelparkstandsdetektion jede Messung unabhängig von vorherigen Messungen erfolgt und jeder Detektor unabhängig von anderen detektiert, ist eine zufällige Stichprobe jederzeit wiederholbar möglich.

Anders ist dies bei Bilanzierungsverfahren, denn es muss der zeitliche Aspekt bei der Ermittlung von Parkinformationen berücksichtigt werden. Für die Berechnung aller Fahrzeuge auf einer Rastanlage zum Zeitpunkt t werden alle bis zu diesem Zeitpunkt (seit dem Start) eingefahrenen Fahrzeuge addiert und die Summe aller ausgefahrenen Fahrzeuge gemäß Gleichung 1 subtrahiert (s. Kapitel 2.5.2).

Für die Bewertung ist zusätzlich der Fehleranteil zu berücksichtigen:

$$B(t_n) \pm \Delta B(t_n) = \sum (E(t_x \leq t_n) \pm \Delta E(t_x \leq t_n)) - \sum (A(t_x \leq t_n) \pm \Delta A(t_x \leq t_n))$$

Gl. 3

mit

$E(t_x)$ eingefahrenes Fahrzeug zum Zeitpunkt t_x

$\Delta E(t_x)$ Fehler bei Messung einfahrender Fahrzeuge zum Zeitpunkt t_x

$A(t_x)$ ausgefahrenes Fahrzeug zum Zeitpunkt t_x

$\Delta A(t_x)$ Fehler bei Messung ausfahrender Fahrzeuge zum Zeitpunkt t_x

$B(t_n)$ Summe Fahrzeuge zum Zeitpunkt t_n

$\Delta B(t_n)$ Fehleranteil der Summe zum Zeitpunkt t_n

Der Fehleranteil der Summe $\Delta B(t_n)$ ist abhängig von den Fehlern der Messungen in der Zufahrt und Abfahrt. Ist das Fehlverhalten beider Detektoren in Zufahrt und Abfahrt im Mittel gleich, so gilt für $t \rightarrow \infty$ die Gleichung 1 (Kapitel 2.5.2), da sich dann die Fehleranteile über die Zeit immer wieder aufheben.

Wenn sich aber aufgrund unterschiedlicher Randbedingungen und Lage der Detektoren einseitige Abweichungen der Fehleranteile auf lange Sicht einstellen, würde ohne Korrekturen nach Gleichung 3 der absolute Gesamtfehler $|\Delta B(t_n)|$ stetig zunehmen.

Ist beispielsweise der Fehler der Detektion in der Zufahrt fälschlicherweise so, dass 5 % zu viele Lkw (aufgrund falscher Klassifizierung) gemessen werden, und ist in der Abfahrt jede Messung korrekt, dann würde ohne Korrekturen nach der Zufahrt von 100 Lkw die Abweichung zwischen Parkinformation und tatsächlicher Situation +5, nach 1.000 Lkw +50 und nach 10.000 Lkw +500 Fahrzeuge betragen.

Die Fehler der Detektoren in den Zu- und Abfahrten müssen sich über die Zeit ausgleichen, d. h. $\Delta E(t_x \leq t_n) \cong \Delta A(t_x \leq t_n)$, oder durch Korrekturen in zeitlichen Abständen ausgeglichen werden. Dies zeigt, dass die Parkinformationen zeitlich voneinander abhängig sind. Sofern die Korrekturen nicht stetig, sondern zu definierten Zeitpunkten erfolgen, hat dies Auswirkungen auf die Wiederholbarkeit der Bewertung und beeinflusst die Stichprobenziehung.

Die Wiederholbarkeit ist nur eingehalten, wenn das System zu einem wiederkehrenden Systemzustand bewertet wird. Übertragen auf das Bilanzierungsverfahren bedeutet dies, dass Annahmen getroffen werden müssen, wann das System einen vergleichbaren Zustand eingenommen hat.

Bild 17 verdeutlicht, dass die Werte $A(t = t_x)$ über die Höhe der Abweichung zwischen tatsächlicher und gemessener Anzahl Lkw nur vergleichbar sind, wenn der Zeitpunkt t_x immer im selben zeitlichen

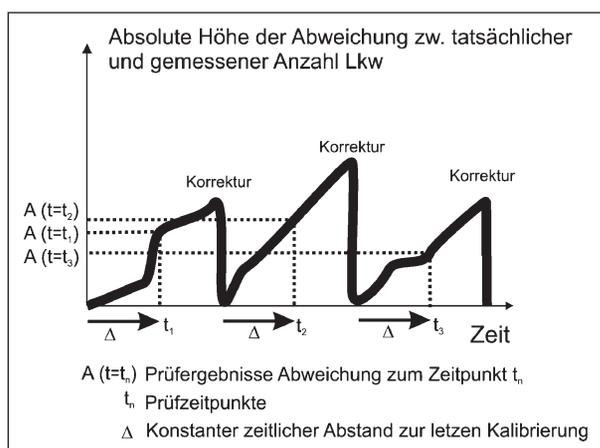


Bild 17: Einfluss der (zeitlich diskreten) Korrekturen auf Bewertungszeitpunkte

Abstand Δ zur letzten Korrektur liegt. Gleiche Randbedingungen erlauben einen Vergleich, d. h., bei manuellen Korrekturen alle 24 Stunden können die Messung zur gleichen Uhrzeit an verschiedenen Tagen verglichen werden. Daraus ableiten lässt sich die Aussage, wie hoch die wahrscheinliche mittlere Abweichung zwischen Parkinformation und tatsächlicher Situation Δ Stunden nach der letzten Korrektur ist. Es wird in Bild 17 ein hypothetischer Verlauf der Abweichung zwischen tatsächlicher und gemessener Anzahl Lkw angenommen. Dieser Verlauf ist im Allgemeinen unbekannt. Die Bewertungszeitpunkte erlauben nur einen punktuellen Rückschluss auf den Kurvenverlauf, also Aussagen zur Höhe der Abweichung zwischen gemessener und tatsächlicher Anzahl Lkw (Merkmalsausprägung).

Alternativ erfolgt der Vergleich zum Zeitpunkt nach Einfahrt der gleichen Anzahl Fahrzeuge nach der letzten Korrektur. Da das tägliche Fahrzeugkollektiv jedoch hinsichtlich der Fahrzeugklassen und Ankunftszeitpunkte nicht reproduzierbar ist, ist es eine sinnvolle Vereinfachung, entweder mindestens einen oder mehrere Zeitpunkte (Δ Stunden) nach den manuellen Korrekturen festzulegen oder unabhängig von den Fahrzeugarten den Auswahlansatz „jedes x-te Fahrzeug“ zu wählen.

Um statistisch sichere Aussagen über die Güte eines Systems, welches alle 24 h manuell korrigiert werden muss, mittels Stichproben zu erhalten, wären rechnerisch mindestens 100 Tage erforderlich, um die Referenzdaten zu erheben. Dies ist für ein einfaches Bewertungsverfahren nicht handhabbar. Da Systeme, die alle 24 h eine manuelle Korrektur benötigen, in der Praxis voraussichtlich keine breite Verwendung finden werden, werden derartige Systeme mit dem zuvor genannten hohen Aufwand nicht im Bewertungsverfahren berücksichtigt.

Das Bewertungsverfahren richtet sich an Systeme, die mindestens 1 Woche, im Rahmen der Bewertung jedoch mindestens 2 Wochen ohne (zeitlich diskrete manuelle) Korrekturen arbeiten. Dabei erfolgt die Festlegung eines zufällig auszuwählenden zweiwöchigen Bewertungszeitraums. Die Wiederholbarkeit der Bewertung ist gewährleistet, wobei der Einfluss variierender Randbedingungen für ausreichend gute Systeme als unwesentlich eingestuft wird. Sollten sich erhebliche Unterschiede zweier Bewertungszeiträume eines Systems in den Bewertungsergebnissen widerspiegeln, bedarf es

einer Analyse der Einflussfaktoren (z. B. Witterungsabhängigkeit). Handelt es sich um seltene Ereignisse, kann der Erhebungszeitraum um die Dauer der Störung verlängert werden. Handelt es sich um häufig auftretende Einflussfaktoren, ist zu bedenken, dass das eingesetzte Detektions- und Steuerungssystem ganzjährig gute Ergebnisse liefern sollte und ggf. für die Randbedingungen auf der Rastanlage ungeeignet ist.

Lieferanten- und Abnehmerrisiko und Stichprobenumfang

Die Verwendung von Stichproben kann zu einer Fehleinschätzung des Systems führen. Die Bewertung über 14 Tage (mit je z. B. 10 Zeitpunkten) kann zu der richtigen Einschätzung führen, dass ein fähiges System auch wahrscheinlich fähig ist (siehe Tabelle 4).

Mit einer kleinen Wahrscheinlichkeit kann der Fehler 1. Art auftreten, d. h., ein eigentlich fähiges System wird fälschlicherweise als wahrscheinlich unfähig eingestuft (Lieferantenrisiko α). Beim Fehler 2. Art wird ein eigentlich unfähiges System als wahrscheinlich fähig auf Basis der Stichprobe eingestuft (Abnehmerrisiko β). Die Wahrscheinlichkeiten, mit denen ein Fehler 1. oder 2. Art erfolgt, sollten gering sein und vertraglich festgelegt werden.

Der erforderliche Stichprobenumfang lässt sich nach Festlegung der Wahrscheinlichkeit für den Fehler 1. und 2. Art berechnen (HARTUNG, 1991):

$$n \geq \left(\frac{\sqrt{p_0(1-p_0)} u_{1-\frac{\alpha}{2}} + \sqrt{p_1(1-p_1)} u_{1-\beta}}{p_1 - p_0} \right)^2 \quad \text{Gl. 4}$$

mit

n Stichprobenumfang

p_0 geforderter Anteil der Messungen, mit einer Abweichung zwischen tatsächlicher und gemessener Belegung innerhalb der Toleranzgrenzen in der Stichprobe (aus der Grundgesamtheit)

	Wahrheit: System ist fähig	Wahrheit: System ist unfähig
Stichprobe: System ist fähig		Abnehmerrisiko
Stichprobe: System ist unfähig	Lieferantenrisiko	

Tab. 4: Lieferanten- und Abnehmerrisiko

p_1 tatsächlicher Anteil der Messungen, mit einer Abweichung zwischen tatsächlicher und gemessener Belegung außerhalb der Toleranzgrenzen

α maximal akzeptiertes Risiko für einen Fehler 1. Art

β maximal akzeptiertes Risiko für einen Fehler 2. Art

$u_{1-\alpha/2}$ $1-\alpha/2$ -Quantil der Standardnormalverteilung $N(0,1)$

$u_{1-\beta}$ $1-\beta$ -Quantil der Standardnormalverteilung $N(0,1)$

Soll ein System, welches beispielsweise eine tatsächliche Detektionsgenauigkeit von $p_1 = 0,95$ hat, die Anforderung erfüllen, dass es in der Stichprobe mindestens größer $p_0 = 0,9$ aufweist, ergibt sich bei $\alpha = \beta = 0,05$ ein Stichprobenumfang von 290 unabhängigen Beobachtungen. Anders ausgedrückt bedeutet dies, dass ein System, welches in 290 Stichproben 95 % richtig detektiert hat, mit einer hohen Sicherheit (von $1 - \alpha = 95\%$) auch tatsächlich die Anforderung erfüllt, mindestens 90 % aller Klassifizierungen korrekt zu erfüllen.

In der Praxis kann der Aufwand mit steigender Ausagensicherheit und in Abhängigkeit von p_1 sehr hoch und damit nicht praktikabel werden. In derselben Konstellation würde ein System mit $p_1 = 0,91$ ein Stichprobenumfang von über 9.000 erfordern.

Für den Bewertungsansatz werden daher nicht α und β vorgegeben, sondern das Konfidenzintervall bestimmt. Die Breite des Konfidenzintervalls ergibt sich in Abhängigkeit vom Stichprobenumfang mit folgender Gleichung 5 (nach SACHS, 1992):

$$\hat{p} \pm u_{1-\frac{\alpha}{2}} \cdot \sqrt{\frac{\hat{p} \cdot (1-\hat{p})}{n}} \quad \text{Gl. 5}$$

Für einen aus der Stichprobe ermittelten Wert \hat{p} und einen Stichprobenumfang n bei einer statistischen Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha = 0,05$ ergibt sich für den wahren Wert p ein Konfidenzintervall um \hat{p} in dem der wahre Wert p mit einer Wahrscheinlichkeit von $1 - \alpha = 95\%$ liegt. Je kleiner der Stichprobenumfang ist, desto größer wird das Konfidenzintervall, d. h., das System kann nur sehr grob bewertet werden.

4.3 Bewertungsverfahren Einzelparkstandsdetektion (Entwurf)

Nachfolgend wird das Bewertungsverfahren für Systeme vorgestellt, die auf Einzelparkstandsdetektion basieren. Kriterium 1, die Klassifizierungsgenauigkeit, wird nur bewertet, wenn dies eine seitens des Betreibers geforderte Soll-Leistung ist. Klassifizierungsgenauigkeit beschreibt neben der korrekten Klassifizierung eines Fahrzeugs auch das Erkennen, dass ein Fahrzeug im Detektionsbereich zum Stillstand gekommen ist. Insofern kann die Klassifizierungsgenauigkeit auch beschreiben, ob die Detektoren die Anwesenheit eines Fahrzeugs erkennen. Wird seitens des Betreibers die Klassifizierungsgenauigkeit nicht gefordert, erfolgt für die Einzelparkstandsdetektion nur die Bewertung der Langzeitstabilität (siehe Kapitel 4.3.2).

Die Klassifizierungsgenauigkeit bezieht sich auf alle Detektoren der Rastanlage. Sind beispielsweise 20 Parkstände mit Detektion ausgerüstet, wird die Klassifizierungsgenauigkeit für alle 20 Detektoren ermittelt, bis mindestens 100 (zeitlich aufeinanderfolgende) Parkvorgänge (unabhängig von deren Fahrzeugklasse) erhoben wurden. Es ist dabei unerheblich, ob während des Beobachtungszeitraums ein oder mehrere Fahrzeuge zeitlich nacheinander auf einem Parkstand parken.

4.3.1 Klassifizierungsgenauigkeit bei Einzelparkstandsdetektion

Die Bewertung der Klassifizierungsgenauigkeit entfällt, wenn dies systemseitig nicht zu erbringen ist (keine Soll-Leistung). In der Auswertung wird in diesem Fall die Informationsqualität anhand der Langzeitstabilität ermittelt (siehe Kapitel 4.3.3).

Soll die Bewertung der Klassifizierungsgenauigkeit erfolgen, so geschieht dies zu Zeitpunkten, in denen die meisten Lkw-Fahrtbewegungen auf der Rastanlage auftreten. Die korrekte Fahrzeugklassifizierung soll für alle detektierten Parkstände bewertet werden. Die Einordnung eines Fahrzeuges als „Lkw-ähnlich“ für die Referenzerhebung erfolgt gemäß TLS (TLS, 2012, Anhang 2 „Klassifizierung von Fahrzeugen“, S. 141 ff.).

Im detektierten Lkw-Parkbereich werden alle mit Detektoren erfassten Parkstände für die Bewertung ausgewählt (falls nicht möglich, ist dies im Bewertungsbericht zu kennzeichnen). Es ist zwischen

15 Uhr und 20 Uhr zu erheben, wann ein Fahrzeug welcher Fahrzeugklasse auf welchem Parkstand parkt. Für diesen Parkstand ist zeitgleich die seitens des Detektors ermittelte Fahrzeugklasse zu vermerken. Die Klassifizierungsgenauigkeit kann insofern reduziert werden, dass eine Aussage ermittelt wird, ob der Sensor die Anwesenheit eines Fahrzeugs unabhängig von der Fahrzeugklasse erkennt. Diese Einschränkung ist im Bewertungsergebnis zu vermerken.

Für die Bewertung soll einmalig für alle Erhebungen festgelegt werden, wie viele Minuten nach dem Stillstand des ankommenden Fahrzeuges die Bewertung erfolgt. Durchfahrende Fahrzeuge (Aufenthaltszeit kleiner eine Minute) sollen nicht in die Bewertung einfließen, wenn sie im späteren Steuerungsverfahren auch nicht berücksichtigt werden.

Es müssen in der Örtlichkeit mindestens 100 zeitlich aufeinanderfolgende Parkvorgänge, unabhängig von deren Fahrzeugklasse, erhoben werden. Es ist je nach Größe der Rastanlage ein Erheben über mehrere Tage erforderlich (je zwischen 15 Uhr und 20 Uhr, da insbesondere dann eine korrekte Klassifizierung erforderlich ist).

Mit Hilfe des Erhebungsbogens (Bild 18) sind die für die Auswertung erforderlichen Daten zu dokumentieren. Im Tabellenkopf sind die Angaben für die Rastanlage (Name, Lage, Detektionstechnik, ...) einzutragen. In Zeile 17 ist der Erhebungszeitraum einzutragen. Für jeden Parkvorgang wird die tatsächliche Fahrzeugklasse (und falls für die Ermittlung der Systemdaten erforderlich der Zeitpunkt) notiert. Anschließend wird mit Hilfe der zeitlichen Zugehörigkeit ermittelt, ob ebenfalls ein Fahrzeug auf diesem Parkstand detektiert wurde und welche Fahrzeugklasse systemseitig zugeordnet wurde. Die Erhebung endet, wenn 100 Fahrzeuge (ggf. über mehrere Tage zwischen 15 Uhr und 20 Uhr) erfasst wurden.

Als Erhebungszeitraum eignen sich nur Tage mit hoher Lkw-Parknachfrage, da insbesondere dann die Klassifizierungsgenauigkeit der Detektion hoch sein muss. Sofern Wohnwagengespanne o. Ä. an Wochenenden die Zählergebnisse verfälschen, so wird dies durch die Langzeitstabilität (Kriterium 2) abgebildet.

Als mögliche Erhebungszeiträume eigenen sich:

- Montag, abends (15-20 Uhr),

	A	B	C	D	E	F
1	Einzelparkstandsdetektion - Klassifikationsgenauigkeit					
2	Name der Rastanlage:			z.B. RA Musteranlage		
3	Fahrtrichtung:			z.B. Ri. Köln		
4	BAB:			z.B. A3		
5	Bearbeiter:			Herr Mustermann		
6	Zeitpunkt letzte Korrektur vor Erhebungsbeginn:			Datum eintragen (nicht am Erhebungstag zulässig!)		
7	Belegungsmessung:			Einzelparkstandsdetektion		
8	Erfassungsbereich:			Lkw-Parkbereich, Parkstände		
9	Detektionstechnik:			z.B. Erdmagnetfelddetektor		
10	Definition "Lkw-ähnliche" Fahrzeuge:			z.B. Lkw-/Pkw-ähnlich gemäß TLS		
11	Anzahl verfügbarer (maximaler) Lkw-Parkstände:			z.B. 20		
12	Hinweise:					
13	tatsächliche Fahrzeugklasse: einzutragen ist die augenscheinlich beobachtete Fahrzeugklasse, z.B. "L" für Lkw-ähnlich, "P" für Pkw-ähnlich, "-" falls kein Fahrzeug parkt (Phantommessung)					
14	Systemdaten zur erkannten Fahrzeugklasse: Zum gleichen Zeitpunkt seitens der Detektion gemeldete Fahrzeugklasse nach Stillstand des Fahrzeugs					
15	Stimmen tatsächliche und systemseitig erkannte Fahrzeugklasse überein, so ist in Spalte F "j" für ja und andernfalls "n" für nein einzutragen					
16	Zählbeginn frühestens am Folgetag nach der letzten Korrektur. Erneute manuelle Korrekturen im Erhebungszeitraum führen zum Abbruch der Bewertung!					
17	Erhebungszeitraum			Datum (Mo/Di/Mi)		(15-20 Uhr)
18	Ort (Parkstands-kennung)	Zeitpunkt	tatsächliche Fahrzeugklasse [Lkw-/Pkw-ähnlich]	Systemdaten: erkannte Fahrzeugklasse [Lkw-/Pkw-ähnlich]	Korrekte Fahrzeugklassifizierung [ja/nein]	
19	Parkstand	[hh:mm]	[L/P/-]	[L/P/-]	[j/n]	
20	Parkstand	[hh:mm]	[L/P/-]	[L/P/-]	[j/n]	
21	Parkstand	[hh:mm]	[L/P/-]	[L/P/-]	[j/n]	
22	Parkstand	[hh:mm]	[L/P/-]	[L/P/-]	[j/n]	
23	Parkstand	[hh:mm]	[L/P/-]	[L/P/-]	[j/n]	
24	Parkstand	[hh:mm]	[L/P/-]	[L/P/-]	[j/n]	
25	Parkstand	[hh:mm]	[L/P/-]	[L/P/-]	[j/n]	
26	Parkstand	[hh:mm]	[L/P/-]	[L/P/-]	[j/n]	
27	Parkstand	[hh:mm]	[L/P/-]	[L/P/-]	[j/n]	
28	Parkstand	[hh:mm]	[L/P/-]	[L/P/-]	[j/n]	
29	Parkstand	[hh:mm]	[L/P/-]	[L/P/-]	[j/n]	

Bild 18: Erhebungsbogen für Klassifizierungsgenauigkeit (Einzelparkstandsdetektion)

- Dienstag, abends (15-20 Uhr),
- Mittwoch, abends (15-20 Uhr),
- Donnerstag, abends (15-20 Uhr).

Dabei soll der Erhebungszeitraum keine Feiertage umfassen oder an Feiertage angrenzen. Sofern eine manuelle Korrektur stattfindet, soll nicht der erste Tag nach der manuellen Korrektur erhoben werden. Je nach Größe der Rastanlage ist ein Erheben über mehrere Tage erforderlich, da die Lkw in den Abendstunden in den meisten Fällen eine längere Aufenthaltsdauer planen und somit an einem Abend je nach Größe der Rastanlage nicht 100 Parkvorgänge erhoben werden können. Wichtig ist, dass insgesamt 100 Fahrzeuge auf den mit Detektionstechnik ausgerüsteten Parkständen klassifiziert wurden. Eine Bewertung außerhalb der oben genannten Zeiträume ist zu vermeiden.

4.3.2 Langzeitstabilität für Einzelparkstandsdetektion

Es wird zu festgelegten Zeitpunkten bewertet, ob die tatsächliche Anzahl belegter Parkstände von der seitens des Systems ermittelten Anzahl belegter Parkstände abweicht. Über einen Zeitraum von 14 Tagen werden zu festgelegten Zeitpunkten insgesamt (mindestens) 100 Zählungen aller belegten oder freien Parkstände durchgeführt. Dieser Vergleich erfolgt über zwei Wochen täglich zu Zeitpunkten mit den meisten Lkw-Fahrbewegungen auf der Rastanlage. Diese Zeitpunkte sind täglich:

- morgens um 5:00, 6:00, 7:00, 8:00 und 9:00 Uhr,
- mittags um 13:00 Uhr,
- abends um 17:00, 18:00, 19:00, 20:00 und 21:00 Uhr.

Dabei muss mindestens ein Tag nach der letzten manuellen Korrektur abgewartet werden, sodass

von einem eingeschwungenen Zustand des zu bewertenden Systems ausgegangen werden kann (d. h., auf jedem Detektor wurde mindestens einmal seit der Korrektur geparkt). Zählbeginn ist somit (frühestens) der Nachmittag des zweiten Tages nach dem letzten manuellen Korrigieren. Es ist nicht zulässig, während des Bewertungszeitraums erneut manuell Korrekturen vorzunehmen (Ausnahme nach 7 Tagen mit Abwertung um eine Qualitätsstufe, siehe Kapitel 4.3.3).

Für jeden zuvor festgelegten Zeitpunkt werden die tatsächliche Anzahl belegter Parkstände und die seitens des zu bewertenden Systems ermittelte Anzahl belegter Parkstände notiert.

Die tatsächliche Anzahl belegter Parkstände ergibt sich aus der Summe aller zu diesem Zeitpunkt tatsächlich parkenden (d. h. mindestens seit einer Minute stehenden) Fahrzeuge auf allen durch das System detektierten Parkständen. Als Referenz werden alle Fahrzeuge unabhängig von ihrer Fahrzeugklasse gezählt, wenn sie auf einem detektierten Parkstand parken. Eine Berücksichtigung der Fahrzeugklasse erfolgt nur, wenn dies auch systemseitig erfolgt (siehe auch Kriterium „Klassifizierungsgenauigkeit“). Falls eine Fahrzeugklassifizierung erfolgt, so ist nachfolgend für die Bewertung der Langzeitstabilität die Bezeichnung „Fahrzeug“ auf „Lkw-ähnliches Fahrzeug“ einzuschränken, d. h., nur die mit einem Lkw-ähnlichen Fahrzeug belegten Parkstände wären zu erheben. Systeme, die eine Fahrzeugklassifizierung erlauben, können hinsichtlich der Langzeitstabilität nicht mit Systemen verglichen werden, die für die Einzelparkstands-detektion keine Fahrzeugklassifizierung erbringen. Im Bewertungsergebnis ist dies zu dokumentieren.

Für den gleichen Zeitpunkt wie bei der Referenerhebung ist seitens des zu bewertenden Systems die Aussage erforderlich, wie viele Fahrzeuge auf den detektierten verkehrsrechtlich ausgewiesenen Parkständen stehen. Anzumerken ist, dass auch die Angabe, wie viele Parkstände frei sind, zulässig ist, dann jedoch empfiehlt sich auch die Erhebung der freien Parkstände alternativ zur Anzahl belegter Parkstände. Wird eine andere Aussage als die Anzahl parkender Fahrzeuge vom zu bewertenden System gefordert, beispielsweise das Erkennen nicht befahrbarer Parkstände aufgrund von parkenden Fahrzeugen in der Fahrgasse, kann bei vorliegenden Referenzdaten auch diese Aussage bewertet werden. Diese und andere Besonderheiten sind bei der Bewertung zu kennzeichnen. Wichtig ist,

dass die Langzeitstabilität abbildet, in welcher Qualität das zu bewertende System Parkinformationen über längere Zeit liefert. Der Inhalt der Parkinformation ist somit zweitrangig und wird durch vergleichbares inhaltliches Referenzmaterial abgebildet.

Die nachfolgende Beschreibung geht davon aus, dass für jeden Erhebungszeitpunkt die Differenz zwischen tatsächlicher und gemessener Anzahl belegter Parkstände ermittelt werden soll. Die Höhe der Differenz wird in der Auswertung nur qualitativ bewertet.

Mit Hilfe des Erhebungsbogens in Bild 19 sind die für die Auswertung erforderlichen Daten zu dokumentieren. Im Tabellenkopf sind die Angaben für die Rastanlage (Name, Lage, Detektionstechnik, ...) einzutragen. Die Spalten B und C sind für die Angabe des Erhebungstages vorgesehen. Es sollen Datum und Wochentag im 14-tägigen Erhebungszeitraum eingetragen werden. Die täglichen Erhebungszeitpunkte sind in Spalte D festgelegt. Für jeden Erhebungszeitpunkt wird an Ort und Stelle die tatsächliche Anzahl belegter Parkstände im detektierten Bereich in Spalte E eingetragen. In Spalte F wird die zum gleichen Zeitpunkt seitens des Systems ermittelte Anzahl belegter Parkstände eingetragen.

Die Differenz aus E und F bildet die Grundlage für die Bewertung, ob diese innerhalb oder außerhalb der Toleranzgrenzen liegt. Die Festlegung der Toleranzgrenze wird in Kapitel 5.2.7 diskutiert. Es ist vorgesehen, die Bewertung der Langzeitstabilität für jede Toleranzgrenze von 0 bis 10 durchzuführen.

Die Bewertungsfrage lautet: Liegt die Differenz zwischen tatsächlicher und gemessener Anzahl belegter Parkstände innerhalb der Toleranzgrenzen (entspricht „j“) oder außerhalb der Toleranzgrenzen (entspricht „n“)? Liegt die Abweichung innerhalb der Toleranz, so wird das System für diesen Zeitpunkt als „gut“ bewertet. Liegt die Differenz außerhalb des Toleranzbereichs, wird das System für diesen Zeitpunkt als „schlecht“ bewertet. Es wird die Summe über die Häufigkeit „schlechter“ Zeitpunkte für unterschiedliche Toleranzgrenzen ausgewertet. Es wird die Gesamtsumme über die Häufigkeit „guter“ und „schlechter“ Zeitpunkte für unterschiedliche Toleranzgrenzen ausgewertet.

Nach Auswertung aller Erhebungszeitpunkte wird die auf 100 normierte Summe aller schlechten Ergebnisse als Langzeitinstabilität bewertet. Zu beachten ist, dass die Systeme nur für gleiche Toleranzgrenzen miteinander verglichen werden.

	A	B	C	D	E	F
1	Einzelparkstandsdetektion - Langzeitstabilität					
2	Name der Rastanlage:				z.B. RA Musteranlage	
3	Fahrtrichtung:				z.B. Ri. Köln	
4	BAB:				z.B. A3	
5	Bearbeiter:				Herr Mustermann	
6	Zeitpunkt Korrektur vor Erhebungsbeginn:				Datum eintragen (entspricht Tag 1!)	
7	Belegungsmessung:				Einzelparkstandsdetektion	
8	Erfassungsbereich:				Lkw-Parkbereich , Parkstände 1 ... n	
9	Detektionstechnik:				z.B. Erdmagnetfelddetektoren	
10	Definition "Lkw-ähnliche" Fahrzeuge:				z.B. Lkw-/Pkw-ähnlich gemäß TLS	
11	Anzahl verfügbarer (maximaler) Lkw-Parkstände:				z.B. 20	
12	Hinweise:					
13	tatsächliche Lkw-Belegung: Anzahl Parkstände, auf denen Lkw-ähnliche Fahrzeuge parken. Einzubeziehen sind nur die mit Detektion erfassten Lkw-Parkstände --> die Summe ist in Spalte E für jeden Zeitpunkt einzutragen					
14	Systemdaten zur Belegung: Zum gleichen Zeitpunkt seitens der Detektion gemeldete Anzahl belegter Lk-Parkstände					
15	Zählbeginn frühestens am Folgetag nach der letzten Korrektur. Erneute Korrektur im Erhebungszeitraum führt zum Abbruch der Bewertung!					
16	Tag	Datum	Wochentag	Uhrzeit	tatsächliche belegte Lkw-Parkstände	Systemdaten zur Anzahl belegter Lkw-Parkstände
17	1	-	-	-	-	-
18	2	dd.mm.yy	mo, di, ...	05:00	[Anz. belegter Parkstände]	[Anz. belegter Parkstände]
19	2			06:00	[Anz. belegter Parkstände]	[Anz. belegter Parkstände]
20	2			07:00	[Anz. belegter Parkstände]	[Anz. belegter Parkstände]
21	2			08:00	[Anz. belegter Parkstände]	[Anz. belegter Parkstände]
22	2			09:00	[Anz. belegter Parkstände]	[Anz. belegter Parkstände]
23	2			13:00	[Anz. belegter Parkstände]	[Anz. belegter Parkstände]
24	2			17:00	[Anz. belegter Parkstände]	[Anz. belegter Parkstände]
25	2			18:00	[Anz. belegter Parkstände]	[Anz. belegter Parkstände]
26	2			19:00	[Anz. belegter Parkstände]	[Anz. belegter Parkstände]
27	2			20:00	[Anz. belegter Parkstände]	[Anz. belegter Parkstände]
28	2	21:00	[Anz. belegter Parkstände]	[Anz. belegter Parkstände]		
29	3			05:00	[Anz. belegter Parkstände]	[Anz. belegter Parkstände]
30	3			06:00	[Anz. belegter Parkstände]	[Anz. belegter Parkstände]
31	3			07:00	[Anz. belegter Parkstände]	[Anz. belegter Parkstände]

Bild 19: Erhebungsbogen für Kriterium Langzeitstabilität (Einzelparkstandsdetektion)

4.3.3 Informationsqualität

Bei der Klassifizierungsgenauigkeit wird bewertet, wie oft die inhaltlichen Aussagen des Systems zur Fahrzeugklasse mit der Realität übereinstimmen. Die Klassifizierungsgenauigkeit entspricht der gegenteiligen Darstellung. Die Anzahl falsch klassifizierter oder gar nicht erkannter Fahrzeuge ist zu ermitteln (Bild 18, Spalte F). Dieser Wert kann als Klassifizierungsgenauigkeit interpretiert werden und fließt in die Bewertung der Informationsqualität ein.

Bei der Langzeitstabilität wird bewertet, wie oft die inhaltlichen Aussagen des Systems zur Belegung mit der Realität übereinstimmen. Dies kann auch die Aussage sein, wie viele verkehrsrechtlich ausgewiesene Parkstände noch frei sind oder wie viele belegt sind oder wie viele frei, aber blockiert sind. Die Langzeitinstabilität entspricht der gegenteiligen Darstellung.

Die Kriterien Klassifizierungsgenauigkeit und Langzeitinstabilität werden in das Bewertungsschema in Bild 20 übertragen. Es ergeben sich daraus fünf Informationsqualitätsstufen von A bis E. Dabei ist A das bestmögliche (höchste Qualität) und E das schlechteste Ergebnis (niedrigste Qualität). Die Informationsqualitätsstufen sagen dabei etwas über die Häufigkeit von unerwünschten Fehlern der Detektion aus.

Für die Ermittlung der Informationsqualitätsstufen wird die Langzeitinstabilität stärker berücksichtigt als die Klassifizierungsgenauigkeit. Hintergrund ist, dass im dauerhaften Betrieb keine bzw. wenige manuelle Korrekturen angestrebt werden. Insbesondere bei der Einzelparkstandsdetektion ist es für die Anzahl belegter (bzw. freier) Parkstände unerheblich, ob ein Parkstand von einem Lkw oder einem Wohnwagengespann belegt ist – praktisch steht der Parkstand nicht zur Verfügung.

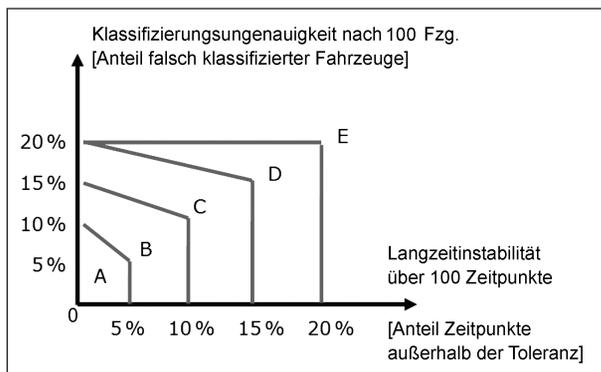


Bild 20: Ermittlung der Informationsqualitätsstufen

Systeme mit automatisierten Plausibilisierungszyklen (z. B. Erkennen fehlerhaft erscheinender Eingangsgrößen) oder der Fähigkeit, Sondersituationen (Rangieren im Detektionsbereich) korrekt zu erfassen, haben gute Voraussetzungen, dauerhaft eingesetzt zu werden.

Falls keine Fahrzeugklassifizierung seitens des Detektors erfolgt, somit die Klassifizierungsgenauigkeit nicht ermittelt wurde, wird auf der y-Achse der Wert „0“ angenommen. Dieser ist als fiktiv zu kennzeichnen.

Die Bewertungen sollen für unterschiedliche Toleranzgrenzen durchgeführt werden. Die erreichten Informationsqualitätsstufen können mit denen anderer Systeme bei gleicher Toleranzgrenze verglichen werden (siehe auch Bild 21).

Ein Beispiel verdeutlicht die Vorgehensweise: In Bild 21 ergibt sich für ein fiktives System X bei der Toleranzgrenze 0, d. h., zu jedem Zeitpunkt soll die gemessene mit der tatsächlichen Anzahl belegter Parkstände übereinstimmen, die Informationsqualitätsstufe E, da mehr als 20 % der Zeitpunkte diese Forderung nicht erfüllen. Bei einer Toleranzgrenze von 5, d. h., zu jedem Zeitpunkt soll die gemessene von der tatsächlichen Anzahl belegter Parkstände um nicht mehr als ± 5 abweichen, erfüllt das System die Informationsqualitätsstufe A, da weniger als 5 % der Bewertungszeitpunkte von dieser Forderung abweichen.

Die in Bild 21 eingetragenen Punkte verschieben sich auf der x-Achse, da die Klassifizierungsgenauigkeit unabhängig von der Toleranz bewertet wird. Im Beispiel ist die Klassifizierungsungenauigkeit sehr gering, denn in weniger als 5 % der Erhebungen wurde eine falsche Klassifizierung festgestellt.

Bild 22 fasst das Bewertungsergebnis für das Beispielsystem X zusammen. System X weist selten

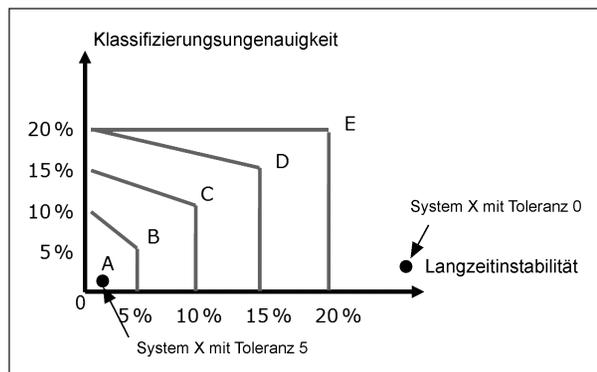


Bild 21: Beispielbewertung mit 2 Toleranzgrenzen

Qualitätsstufe	System X						Toleranz					
	0	1	2	3	4	5	0	1	2	3	4	5
A												
B												
C												
D												
E												

Bild 22: Beispielbewertung Gesamtdarstellung

(d. h. bei maximal 10 % aller erhobenen Zeitpunkte) höhere Abweichungen als ± 3 auf und erreicht die Informationsqualitätsstufen A und B.

4.3.4 Weitere Bewertungsaussagen für Einzelparkstandsdetektion

Die Klassifizierungsungenauigkeit sagt etwas über die Häufigkeit von falsch klassifizierten Fahrzeugen aus, nicht jedoch darüber, welche Fahrzeugklasse wie oft falsch detektiert wurde. Die Langzeitinstabilität sagt etwas über die Häufigkeit der Abweichung zwischen tatsächlicher und gemessener Anzahl belegter Parkstände aus, nicht jedoch über die Höhe der Abweichung. Ergänzend zu beiden Kriterien ist es daher sinnvoll, den Fehlerverlauf des bewerteten Systems detaillierter zu charakterisieren, z. B. Aussagen über die Höhe von erhobenen Abweichungen. Hierfür werden ausgehend von den bereits örtlich erhobenen Referenzdaten folgende Angaben berechnet:

- In Bezug auf Kriterium 1 (über mind. 100 Parkvorgänge):
 - die Anzahl falsch klassifizierter Pkw bzw. Lkw oder weiterer Fahrzeugklassen (bei Bedarf).
- In Bezug auf Kriterium 2 (über mindestens 100 Stichproben) für Toleranzgrenze „0“:

- Mittelwert der Abweichung,
- Streuung der Abweichung,
- maximale Abweichung.

Zu Beginn der Referenzdatenerhebung ist die Systemzeit zu dokumentieren und der Referenzerhebung zugrunde zu legen. Die Abweichung zwischen örtlicher Erhebung (Fahrzeug parkt auf Detektor) und Erkennung und Dokumentation im System soll in Anlehnung an die TLS maximal eine Minute betragen. Der systemtypische Zeitversatz zwischen tatsächlicher Belegungsänderung durch das Parken eines Fahrzeuges und Systemreaktion ist für die Auswertungen zu dokumentieren (Mittelwert). Bei Bedarf können auffällig lange Reaktionszeiten im Bewertungsbericht notiert werden. Bei der Bewertung der Langzeitstabilität wird keine Reaktionszeit berücksichtigt, da es sich um eine Momentaufnahme der Belegung handelt. Abweichende Festlegungen sind im Bewertungsbericht zu dokumentieren.

Bei der Einzelparkstandsdetektion kann zusätzlich zu den genannten Bewertungskriterien erhoben werden, mit welcher Verzögerung ein Detektor den Parkstand wieder als frei meldet, nachdem das Fahrzeug diesen verlassen hat. Sollte während eines ununterbrochenen Parkvorgangs der Detektor abwechselnd „Parkstand frei“ und „Parkstand belegt“ melden, so ist dies ebenfalls ein Bewertungsmerkmal, welches im Bewertungsbericht vermerkt werden soll.

Betreiber können weitere Bewertungskriterien einführen, wie z. B. die Klassifizierungsgleichförmigkeit (Erkennen derselben Fahrzeugklasse für ein identisches Fahrzeug in der Zu- und Abfahrt) oder die Klassifizierungsgenauigkeit für verschiedene Sondersituationen (z. B. Klassifikation eines Fahrzeuges, welches im Bereich des Detektors rangiert).

Besondere Wetter- und Witterungsbedingungen bzw. Verkehrsereignisse sind während des Bewertungszeitraums zu dokumentieren.

4.4 Bewertungsverfahren für Bilanzierungsverfahren (Entwurf)

4.4.1 Klassifizierungsgenauigkeit von Bilanzierungsverfahren

Die Systeme müssen während der Bewertung 14 Tage ohne manuelle Korrekturen arbeiten. Erfolgen vor Ablauf der 14 Bewertungstage mehrere manu-

elle Korrekturen, ist das System der schlechtesten Informationsqualitätsstufe zuzuordnen. Einzige Ausnahme ist ein manuelles Korrigieren nach 7 Tagen. Dann können die Ergebnisse verwendet werden, jedoch erfolgt insgesamt eine Abwertung um eine Informationsqualitätsstufe (siehe Kapitel 4.4.3). Dies ist im Bewertungsergebnis zu vermerken.

Manuelles Korrigieren (siehe auch Kapitel 2.3) beruht auf dem Befahren der Rastanlage und Zählen der parkenden Fahrzeuge. Alternativ ist ein manuelles Korrigieren mit Hilfe von Videokameras (i. Allg. als Webcam bezeichnet) möglich. Dabei wird das übermittelte Videobild (ggf. nur Einzelbilder) der Rastanlage in einer entfernten Zentrale durch Mitarbeiter ausgewertet. Die dabei manuell ermittelte Anzahl Fahrzeuge auf der Rastanlage bildet die neue (korrigierte) Ausgangslage für das systemseitige Addieren und Subtrahieren ein- und ausfahrender Lkw.

Die Erhebung der Referenzdaten über die tatsächliche Anzahl parkender bzw. ein- oder ausfahrender Fahrzeuge auf der Rastanlage orientiert sich bei der Fahrzeugklassifizierung (in Pkw-ähnlich und Lkw-ähnlich) an den TLS (vgl. TLS, 2012, Anhang 2 „Klassifizierung von Fahrzeugen“, S. 141 ff.).

Die korrekte Fahrzeugklassifizierung wird in der Zufahrt und der Abfahrt in Zeiten mit einem hohen Anteil von Lkw-Fahrten geprüft. In der Zufahrt des detektierten Lkw-Parkbereichs wird ein Detektor für die Bewertung ausgewählt. Es ist dann in der Zufahrt zwischen 15 Uhr und 20 Uhr zu ermitteln, wann ein Fahrzeug den zu bewertenden Detektor passiert und welche Fahrzeugklasse vorliegt (Pkw-ähnlich oder Lkw-ähnlich, wenn keine davon abweichenden Anforderungen an den Detektor bestehen). Es müssen so viele Fahrbewegungen (unabhängig von deren Fahrzeugklasse) für diesen Detektor erhoben werden, dass insgesamt 100 Lkw-ähnliche Fahrzeuge den Detektor passiert haben (der Anteil der Pkw-ähnlichen Fahrzeuge ist unbedeutend, soll jedoch mehr als 100 Pkw-ähnliche Fahrzeuge umfassen).

Mit Hilfe des Erhebungsbogens (Bild 24) sind die für die Auswertung erforderlichen Größen zu dokumentieren. Im Tabellenkopf sind die Angaben für die Rastanlage (Name, Lage, Detektionstechnik, ...) einzutragen. In Zeile 17 und 18 sind die zusammenhängenden Bewertungszeiträume einzutragen (siehe unten). Für jede Einfahrt wird die tatsäch-

liche Fahrzeugklasse (und, falls für die Ermittlung der Systemdaten erforderlich, der Zeitpunkt) notiert. Anschließend wird mit Hilfe der zeitlichen Zugehörigkeit ermittelt, ob ebenfalls ein Fahrzeug detektiert wurde und welche Fahrzeugklasse systemseitig zugeordnet wurde. Zu Beginn der Erhebung sollte die Systemzeit zu Grunde gelegt werden.

Nachdem mindestens 100 Lkw-ähnliche Fahrzeuge die Zufahrt passiert haben, kann dieser Bewertungsteil abgeschlossen werden. Am darauffolgenden Morgen werden analog in der Abfahrt zwischen vier und neun Uhr mindestens 100 Lkw-ähnliche Fahrzeuge beim Passieren des dortigen Detektors erhoben. Die Fahrzeugklassen aller in diesem Zeitraum ausgefahrenen Fahrzeuge werden (mit Zeitstempel) notiert und mit den Systemdaten verglichen.

Im Ergebnis sind alle falsch klassifizierte Fahrzeuge (jeweils als ein Fehler) zu ermitteln (Bild 24, Spalte F, im Sinne einer Klassifizierungsungenauigkeit). Die Fehler werden absolut bewertet, d. h., wenn in der Zufahrt ein Lkw als Pkw eingestuft wurde und dies auch einmal in der Abfahrt passiert, heben sich diese Fehler nicht auf, sondern werden in der Summe als zwei Fehler bewertet. Die Gesamtsumme aus den Fehlern in der Zufahrt und der

Abfahrt wird ermittelt. Dieser Wert kann als Klassifizierungsungenauigkeit interpretiert werden und fließt in die Bewertung der Informationsqualität ein.

Als Erhebungstage eignen sich nur Tage mit hoher Lkw-Parknachfrage, da insbesondere dann die Klassifizierungsungenauigkeit der Detektion hoch sein muss. Sofern Wohnwagengespanne o. Ä. an Wochenenden die Zählergebnisse verfälschen, so wird dies durch die Langzeitstabilität (Kriterium 2) abgebildet.

Als mögliche Erhebungszeiträume eignen sich daher (siehe auch Bild 23):

- Montag, abends (15-20 Uhr) in der Zufahrt und dienstagsmorgens (4-9 Uhr) in der Abfahrt,
- Dienstag, abends (15-20 Uhr) in der Zufahrt und mittwochmorgens (4-9 Uhr) in der Abfahrt,
- Mittwoch, abends (15-20 Uhr) in der Zufahrt und donnerstagsmorgens (4-9 Uhr) in der Abfahrt.

Dabei dürfen die Erhebungstage keine Feiertage sein, nach Möglichkeit nicht an Feiertage angrenzen und es soll nicht der erste Tag nach einer manuellen Korrektur gezählt werden (mind. 1.000 Fahrzeuge sollen nach dem letzten manuellen Korrigieren eingefahren sein, bevor die Bewertung

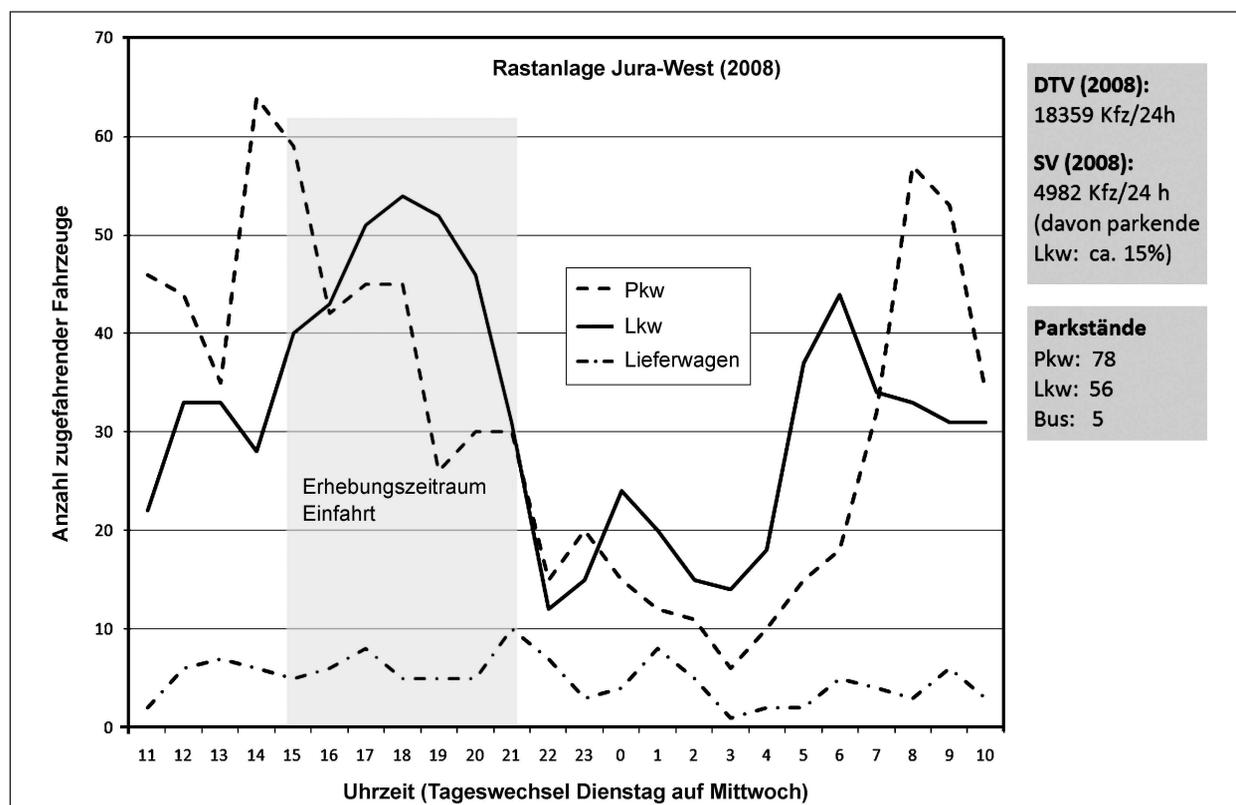


Bild 23: Anzahl einfahrender Fahrzeuge auf einer Rastanlage (Daten: Autobahndirektion Nordbayern)

	A	B	C	D	E	F
1	Bilanzierungsverfahren - Klassifikationsgenauigkeit					
2	Name der Rastanlage:				z.B. RA Musteranlage	
3	Fahrtrichtung:				z.B. Ri. Köln	
4	BAB:				z.B. A3	
5	Bearbeiter:				Herr Mustermann	
6	Zeitpunkt Korrektur vor Erhebungsbeginn:				Datum eintragen (nicht am Erhebungstag zulässig!)	
7	Belegungsmessung:				Bilanzierungsverfahren	
8	Erfassungsbereich:				z.B. Ein-/Ausfahrt od. Lkw-Parkbereich	
9	Detektionstechnik:				z.B. Induktionsschleife	
10	Definition "Lkw-ähnliche" Fahrzeuge:				z.B. Lkw-/Pkw-ähnlich gemäß TLS	
11	Anzahl verfügbarer (maximaler) Lkw-Parkstände:				z.B. 50	
12	Hinweise: Alle Fahrzeuge sind zu erheben. Es sollen mindestens 100 Lkw-ähnliche Fzg. erfasst werden!					
13	tatsächliche Fahrzeugklasse: einzutragen ist die augenscheinlich beobachtete Fahrzeugklasse, z.B. "L" für Lkw-ähnlich, "P" für Pkw-ähnlich, "-" falls kein Fahrzeug gefahren ist (Phantommessung)					
14	Systemdaten zur erkannten Fahrzeugklasse: Zum gleichen Zeitpunkt seitens der Detektion gemeldete Fahrzeugklasse getrennt nach Einfahrt (abends 15-20 Uhr) und Ausfahrt (morgens 4-9 Uhr)					
15	Stimmen tatsächliche und systemsseitig erkannte Fahrzeugklasse überein, so ist in Spalte F "j" für ja und andernfalls "n" für nein einzutragen					
16	Zählbeginn frühestens am Folgetag nach der letzten manuellen Korrektur. Erneute manuelle Korrekturen im Erhebungszeitraum führen zum Abbruch der Bewertung!					
17	Erhebungszeitraum in der Einfahrt				Tag (Mo/Di/Mi)	(15-20 Uhr)
18	Erhebungszeitraum in der Ausfahrt				Folgetag (Di/Mi/Do)	(4-9 Uhr)
19	Ort	Zeitpunkt	tatsächliche Fahrzeugklasse [Lkw-/Pkw-ähnlich]	Systemdaten: erkannte Fahrzeugklasse [Lkw-/Pkw-ähnlich]	Korrekte Fahrzeugklassifizierung [ja/nein]	
20	Einfahrt	[hh:mm]	[L/P/-]	[L/P/-]	[j/n]	
21	Einfahrt	[hh:mm]	[L/P/-]	[L/P/-]	[j/n]	
22	Einfahrt	[hh:mm]	[L/P/-]	[L/P/-]	[j/n]	
23	Einfahrt	[hh:mm]	[L/P/-]	[L/P/-]	[j/n]	
24	Einfahrt	[hh:mm]	[L/P/-]	[L/P/-]	[j/n]	
25	
26	Ausfahrt	[hh:mm]	[L/P/-]	[L/P/-]	[j/n]	
27	Ausfahrt	[hh:mm]	[L/P/-]	[L/P/-]	[j/n]	
28	Ausfahrt	[hh:mm]	[L/P/-]	[L/P/-]	[j/n]	
29	Ausfahrt	...	[L/P/-]	[L/P/-]	[j/n]	

Bild 24: Erhebungsbogen für Klassifizierungsgenauigkeit

startet). Stehen mehrere Tage mit Erhebungsdaten zur Verfügung, wird ein Erhebungszeitraum durch Zufall bestimmt (z. B. Zeiträume auslösen o. Ä.). Beispiele zeigen die Tabellen 5 bis 7.

Wichtig ist, dass je 100 Lkw-ähnliche Fahrzeuge den Detektor mindestens in dem fünfständigen Erhebungszeitraum passieren. Wurden weniger Lkw erhoben, so muss das Konfidenzintervall entsprechend neu ermittelt werden, damit die Klassifizierungsgenauigkeit hinreichend beurteilt werden kann (siehe auch Kapitel 4.2). Ist abzusehen, dass die erforderlichen Fahrzeugbewegungen nicht in dem fünfständigen Bewertungsintervall erreicht werden, so kann die Bewertung um mindestens eine Stunde verlängert werden (ggf. sollte die Erhebung früher begonnen werden, sofern bekannt ist, wie viele Lkw-Zu-/Abfahrten pro Stunde zu erwarten sind). Dies ist wichtig, um verschiedene Detektoren unter annähernd gleichen Nachfragedingungen bewerten und vergleichen zu können.

Tag	Wochentag	Erhebung
1	Mo	Korrektur, somit nicht geeignet für Erhebung
2	Di	Erheben von 15-20 Uhr in der Zufahrt
3	Mi	Erheben zwischen 4-9 Uhr in der Abfahrt

Tab. 5: Beispiel 1 zur Auswahl der Erhebungstage

Tag	Wochentag	Erhebung
1	Mo	Korrektur, somit nicht geeignet für Erhebung
2	Di	Feiertag, somit nicht geeignet für Erhebung
3	Mi	Erheben von 15-20 Uhr in der Zufahrt
4	Do	Erheben zwischen 4-9 Uhr in der Abfahrt

Tab. 6: Beispiel 2 zur Auswahl der Erhebungstage

Tag	Wochen- tag	Erhebung
1	Mo	Korrektur, somit nicht geeignet für Erhebung
2	Di	Angrenzend an Feiertag, somit nicht geeignet für Erhebung
3	Mi	Feiertag, somit nicht geeignet für Erhebung
4	Do	Erheben von 15-20 Uhr in der Zufahrt
5	Fr	Erheben zwischen 4-9 Uhr in der Abfahrt

Tab. 7: Beispiel 3 zur Auswahl der Erhebungstage

Beispiel für die Bewertung der Klassifizierungsgenauigkeit:

- Fahrzeuge in der Zufahrt: 100 Lkw und 150 Pkw.
- Korrekt erkannt (d. h. innerhalb einer Reaktionszeit von z. B. 15 Sekunden) 97 Lkw (d. h. 97 %).
- Aufgrund der Anzahl erhobener Fahrzeuge (Stichprobe 100 Lkw) liegt der wahre Wert für den Anteil korrekt erfasster Lkw mit einer Wahrscheinlichkeit von 0,95 innerhalb eines Konfidenzintervalls von $\pm 0,03$. D. h., der Anteil korrekt klassifizierter Lkw liegt wahrscheinlich zwischen 0,94 und 1.
- Zum Vergleich: Würden nur 40 Lkw erhoben und 39 davon korrekt erkannt (d. h. ebenfalls 97 %), dann liegt der wahre Wert für den Anteil korrekt erfasster Lkw mit einer Wahrscheinlichkeit von 0,95 innerhalb eines Konfidenzintervalls von $\pm 0,05$. D. h., der Anteil korrekt klassifizierter Lkw liegt wahrscheinlich zwischen 0,92 und 1.
- Mit zunehmender Anzahl erhobener Lkw kann die Klassifizierungsgenauigkeit besser beurteilt werden. Das Ergebnis der Stichprobe ist immer ein Intervall, in dem sich der wahre Wert p befindet (siehe auch Kapitel 4.2). Je mehr Lkw erhoben wurden, desto kleiner ist das Konfidenzintervall und desto wahrscheinlicher ist die ermittelte Aussage über die Klassifizierungsgenauigkeit richtig.

Soll mit der Erhebung von 100 Lkw (je in der Zu- und Abfahrt) belegt werden, dass das System mit einer Wahrscheinlichkeit von 0,95 eine höhere Klassifizierungsgenauigkeit als 95 % aufweist (d. h., die Klassifizierungsungenauigkeit ist kleiner oder gleich 5 %), dann müssen in dieser erhobenen Stichprobe 98 der 100 Lkw korrekt klassifiziert worden sein. Andernfalls ist die Untergrenze des Kon-

fidenzintervalls kleiner als 0,95. Für eine Stichprobe $n = 100$ Lkw und die geschätzte Klassifizierungsgenauigkeit 0,98 lautet das 0,95-Konfidenzintervall 0,95 % bis 100 %. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Klassifizierungsgenauigkeit sehr wahrscheinlich größer als 95 % ist. Bei einer kleineren Anzahl (z. B. 40) erhobenen Lkw würde bereits ein falsch klassifizierter Lkw dazu führen, dass die Untergrenze des Konfidenzintervalls kleiner als 95 % ist! Daraus darf dann nicht geschlossen werden, dass die Klassifizierungsgenauigkeit 97 % beträgt, sondern diese liegt wahrscheinlich zwischen 92 % und 100 %. Es ist dann von einer Klassifizierungsungenauigkeit von bis zu 7,5 % auszugehen. Die Untergrenze des Konfidenzintervalls für die Klassifizierungsungenauigkeit fließt in die Informationsqualität ein.

4.4.2 Langzeitstabilität für Bilanzierungsverfahren

Es wird zu festgelegten Erhebungszeitpunkten bewertet, ob die tatsächliche Anzahl Lkw im detektierten Parkbereich von der seitens des Systems ermittelten Anzahl Lkw abweicht. Über einen Zeitraum von 14 Tagen werden zu festgelegten Zeitpunkten insgesamt (mindestens) 100 Zählungen aller auf der Rastanlage innerhalb des detektierten Bereichs parkenden Lkw durchgeführt.

Die Erhebungszeitpunkte sollen sich an der stärksten Lkw-Parknachfrage orientieren:

- morgens: um 5:00, 6:00, 7:00, 8:00 und 9:00 Uhr,
- mittags: um 13:00 Uhr,
- abends: um 17:00, 18:00, 19:00, 20:00 und 21:00 Uhr.

Dabei sollen vor Beginn der Referenzdatenerhebung mindestens 1.000 zufahrende Fahrzeuge nach der letzten manuellen Korrektur abgewartet werden (d. h. etwa ein Tag), sodass von einem eingeschwungenen Zustand der Detektion ausgegangen werden kann. Zählbeginn ist somit (frühestens) der Nachmittag des zweiten Tages nach dem letzten manuellen Korrigieren. Es ist nicht zulässig, während der Bewertung erneut manuell zu korrigieren (Ausnahme nach 7 Tagen mit Abwertung um eine Informationsqualitätsstufe, siehe Kapitel 4.4.3).

Für jeden oben genannten Zeitpunkt werden die Summe aller tatsächlich auf der Rastanlage befind-

lichen und die seitens des zu bewertenden Systems ermittelte Anzahl Lkw notiert. Die tatsächliche Anzahl Lkw ergibt sich aus der Summe aller zu diesem Zeitpunkt tatsächlich parkenden oder fahrenden Lkw-ähnlichen Fahrzeuge innerhalb des durch das System detektierten Bereichs. Wird beispielsweise nur ein Teilbereich der Rastanlage detektiert, so werden auch nur die in diesem Bereich tatsächlich parkenden oder fahrenden Lkw-ähnlichen Fahrzeuge gezählt. Für den gleichen Zeitpunkt ist seitens des zu bewertenden Systems die Aussage erforderlich, wie viele Fahrzeuge sich innerhalb dieses Bereichs befinden.

Die Einordnung eines Fahrzeugs als „Lkw-ähnlich“ erfolgt für die Referenzdatenerhebung nach TLS. Abweichende Festlegungen bei der Referenzdatenerhebung (z. B. Klassifizierung anhand der Fahrzeuglänge) sind im Erhebungsbogen zu dokumentieren. Die Anzahl Lkw-ähnlicher Fahrzeuge auf einer Rastanlage kann durch Befahren der

Rastanlage bestimmt werden. Dabei kann es zu Fehlern in den Referenzdaten kommen, wenn zwischenzeitlich neue Fahrzeuge ein- bzw. ausfahren. Alternativ können Webcams genutzt werden, sofern diese ein korrektes Zählen der Lkw-ähnlichen Fahrzeuge aufgrund ihrer Standorte zulassen (Momentaufnahme). Die genaueste Referenzerhebung ist mit einem Blick von „oben“ möglich z. B. durch die Nutzung eines Optokopters (Momentaufnahme über die gesamte Rastanlage). Das gewählte Verfahren zur Referenzdatenerhebung für die Bewertung der Langzeitstabilität ist zu dokumentieren.

Mit Hilfe des Erhebungsbogens (Bild 25) sind die für die Auswertung erforderlichen Größen zu dokumentieren. Im Tabellenkopf sind die Angaben für die Rastanlage (Name, Lage, Detektionstechnik, ...) einzutragen. Die Spalten B und C sind für die Angabe des Erhebungstages vorgesehen. Es sollen Datum und Wochentag der Erhebungstage im 14-tägigen Erhebungszeitraum eingetragen wer-

	A	B	C	D	E	F		
1	Bilanzierungsverfahren - Langzeitstabilität							
2	Name der Rastanlage:				z.B. RA Musteranlage			
3	Fahrtrichtung:				z.B. Ri. Köln			
4	BAB:				z.B. A3			
5	Bearbeiter:				Herr Mustermann			
6	Zeitpunkt Korrektur vor Erhebungsbeginn:				Datum eintragen (entspricht Tag 1!)			
7	Belegungsmessung:				Bilanzierungsverfahren			
8	Erfassungsbereich:				z.B. Ein-/Ausfahrt od. Lkw-Parkbereich			
9	Detektionstechnik:				z.B. Induktionsschleife			
10	Definition "Lkw-ähnliche" Fahrzeuge:				z.B. gemäß TLS, 2-Klassen			
11	Anzahl verfügbarer (maximaler) Lkw-Parkstände:				z.B. 50			
12	Hinweise:							
13	tatsächliche Anzahl Lkw: alle Lkw-ähnlichen Fahrzeuge innerhalb des oben zu benennenden detektieren Bereichs sind zu zählen --> die Summe ist in Spalte E für jeden Zeitpunkt einzutragen							
14	Systemdaten zur Belegung: Zum gleichen Zeitpunkt seitens der Detektion gemeldete Anzahl Lkw innerhalb des oben genannten detektieren Bereichs							
15	Zählbeginn frühestens am Folgetag nach der letzten manuellen Korrektur. Erneute manuelle Korrekturen im Erhebungszeitraum führt zum Abbruch der Bewertung!							
16	Tag	Datum	Wochentag	Uhrzeit	tatsächliche Anzahl Lkw	Systemdaten zur Anzahl Lkw		
17	1	-	-	-	-	-		
18	2	dd.mm.yy	mo, di, ...	05:00	[Anzahl Lkw]	[Anzahl Lkw]		
19	2			06:00	[Anzahl Lkw]	[Anzahl Lkw]		
20	2			07:00	[Anzahl Lkw]	[Anzahl Lkw]		
21	2			08:00	[Anzahl Lkw]	[Anzahl Lkw]		
22	2			09:00	[Anzahl Lkw]	[Anzahl Lkw]		
23	2			13:00	[Anzahl Lkw]	[Anzahl Lkw]		
24	2			17:00	[Anzahl Lkw]	[Anzahl Lkw]		
25	2			18:00	[Anzahl Lkw]	[Anzahl Lkw]		
26	2			19:00	[Anzahl Lkw]	[Anzahl Lkw]		
27	2			20:00	[Anzahl Lkw]	[Anzahl Lkw]		
28	2			21:00	[Anzahl Lkw]	[Anzahl Lkw]		
29	3			dd.mm.yy	mo, di, ...	05:00	[Anzahl Lkw]	[Anzahl Lkw]
30	3					06:00	[Anzahl Lkw]	[Anzahl Lkw]
31	3					07:00	[Anzahl Lkw]	[Anzahl Lkw]
32	3	08:00	[Anzahl Lkw]			[Anzahl Lkw]		

Bild 25: Erhebungsbogen für Kriterium Langzeitstabilität

den. Die täglichen Erhebungszeitpunkte sind in Spalte D festgelegt. Für jeden Erhebungszeitpunkt wird vor Ort die tatsächliche Anzahl Lkw-ähnlicher Fahrzeuge im detektierten Bereich in Spalte E eingetragen. In Spalte F wird die zum gleichen Zeitpunkt seitens des Systems ermittelte Anzahl Lkw eingetragen. Die Differenzen aus E und F bilden die Grundlage für die Bewertung, ob diese innerhalb oder außerhalb der Toleranzgrenzen liegt. Die Höhe der Differenz wird in der Auswertung nur qualitativ bewertet. Hinweise zur Festlegung der Toleranzgrenzen finden sich in Kapitel 5.2.7.

Die Bewertungsfrage lautet: Liegt die Abweichung zwischen tatsächlicher und gemessener Belegung innerhalb der Toleranzgrenzen (entspricht „j“) oder außerhalb der Toleranzgrenzen (entspricht „n“)? In Bild 26 ist auf der y-Achse die Summe aller Abweichungen zwischen gemessener und tatsächlicher Anzahl Lkw aufgetragen. Für den Prüfzeitpunkt in Bild 26 liegt die Abweichung (zugehöriger y-Wert) innerhalb der Toleranz, sodass das System für diesen Zeitpunkt als „gut“ bewertet wird. Liegt der Messwert außerhalb des Toleranzbereichs, würde das System für diesen Zeitpunkt als „schlecht“ bewertet. Es wird die Gesamtsumme über die Häufigkeit „guter“ und „schlechter“ Zeitpunkte für unterschiedliche Toleranzgrenzen ausgewertet.

Zu beachten ist, dass nur die Systeme miteinander verglichen werden können, die auf Basis der gleichen Toleranzgrenze bewertet wurden. Die Auswertungen der Abweichung zwischen tatsächlicher und gemessener Anzahl Lkw werden für jede Toleranzgrenze von 0 bis 10 im Rahmen der Detektionsbewertung durchgeführt.

4.4.3 Informationsqualität

Die Kriterien Klassifizierungsgenauigkeit und Langzeitstabilität werden in das Bewertungsschema in Bild 27 übertragen. Es ergeben sich daraus 5 Informationsqualitätsstufen von A bis E. Dabei ist A das bestmögliche und E das schlechteste Ergebnis. Die Qualitätsstufen sagen dabei etwas über die Häufigkeit von unerwünschten Fehlern seitens der Detektion aus.

Für die Ermittlung der Informationsqualität wird die Langzeitstabilität stärker berücksichtigt als die Klassifizierungsgenauigkeit. Hintergrund ist, dass für den dauerhaften Betrieb mit wenigen manuellen Korrekturen die korrekte Klassifizierung weniger von Bedeutung ist als die Langzeitstabilität. Systeme

mit automatisierten Plausibilisierungszyklen (z. B. Erkennen fehlerhaft erscheinender Eingangsgrößen) oder der Fähigkeit, Sondersituationen (Parken, Halten oder Rangieren im Detektionsbereich) korrekt zu erfassen, haben gute Voraussetzungen für den automatischen Dauerbetrieb.

Die Bewertungen sollen für unterschiedliche Toleranzgrenzen durchgeführt werden. Die erreichten Qualitätsstufen können mit denen anderer Systeme bei gleicher Toleranzgrenze verglichen werden.

Folgendes Beispiel verdeutlicht die Vorgehensweise: In Bild 28 ergibt sich für ein fiktives System X bei der Toleranzgrenze 0, d. h., zu jedem Zeitpunkt soll die gemessene mit der tatsächlichen Anzahl Lkw übereinstimmen, die Qualitätsstufe E, da mehr als 20 % der erhobenen Zeitpunkte diese Forde-

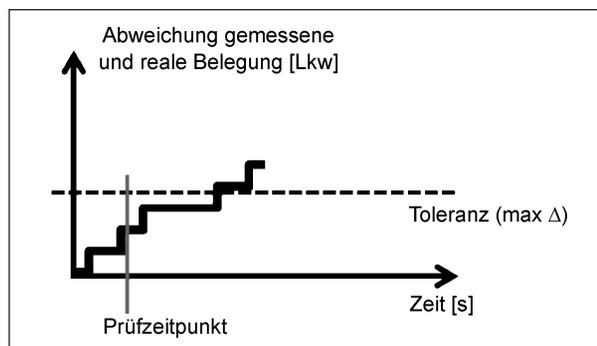


Bild 26: Querschnitt für einen Erhebungszeitpunkt

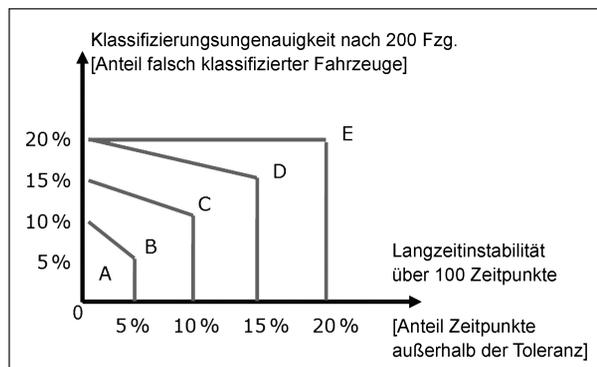


Bild 27: Ermittlung der Informationsqualitätsstufen

Qualitätsstufe	System X					
	0	1	2	3	4	5
A					x	x
B				x		
C			x			
D		x				
E	x					

Bild 28: Beispielbewertung Gesamtdarstellung

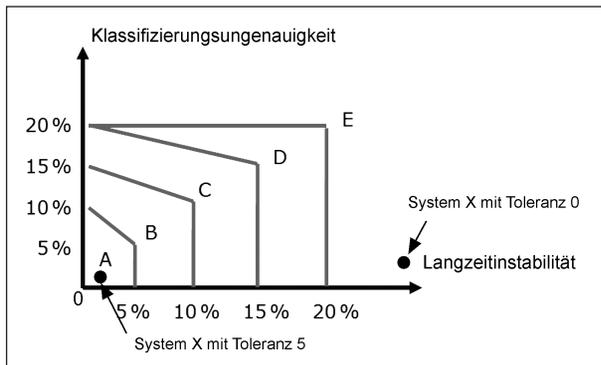


Bild 29: Beispielbewertung mit 2 Toleranzgrenzen

nung nicht erfüllen. Bei einer Toleranzgrenze von 5, d. h. zu jedem Zeitpunkt soll die gemessene von der tatsächlichen Anzahl Lkw um nicht mehr als ± 5 abweichen, erfüllt das System die Qualitätsstufe A, da weniger als 5 % der Bewertungszeitpunkte von dieser Forderung abweichen. Die in Bild 28 eingezeichneten Punkte verschieben sich auf der x-Achse, da die Klassifizierungsungenauigkeit unabhängig von der Toleranz bewertet wird. Im Beispiel ist die Klassifizierungsungenauigkeit sehr gering, denn in weniger als 5 % der Erhebungen erfolgte eine falsche Klassifizierung.

Bild 29 fasst das Bewertungsergebnis für das Beispielsystem X zusammen. Liegt die Toleranzgrenze bei ± 3 , ist das bewertete System gut geeignet, da es die Qualitätsstufen A und B erreicht, d. h. sehr selten höhere Abweichungen als ± 3 zu verzeichnen sind.

4.4.4 Weitere Bewertungsaussagen für Bilanzierungsverfahren

Das Kriterium 1, Klassifizierungsungenauigkeit, sagt etwas über die Häufigkeit von Falschklassifizierungen aus, nicht jedoch welche Fahrzeugklasse wie oft falsch detektiert wurde. Das Kriterium 2, Langzeitinstabilität, sagt etwas über die Häufigkeit der Abweichung zwischen tatsächlicher und gemessener Anzahl Lkw aus, nicht jedoch über die Höhe der Abweichung. Ergänzend zu beiden Kriterien ist es daher sinnvoll, den Fehlerverlauf des bewerteten Systems detaillierter zu charakterisieren, z. B. Aussagen über die Höhe von erhobenen Abweichungen. Hierfür werden ausgehend von den bereits vorliegenden Referenzdaten (aus den Erhebungsbögen in Bild 24 und Bild 25) folgende Angaben berechnet:

In Bezug auf Kriterium 1 (über jeweils mind. 100 Erhebungen):

- in der Zufahrt falsch klassifizierte Pkw und Lkw,
- in der Abfahrt falsch klassifizierte Pkw und Lkw.

In Bezug auf Kriterium 2 (über mindestens 100 Erhebungszeitpunkte) für Toleranzgrenze „0“:

- Mittelwert der Abweichung,
- Streuung der Abweichung,
- maximale Abweichung.

Zu Beginn der Referenzdatenerhebung ist die Systemzeit zu dokumentieren und der Referenzerhebung zu Grunde zu legen. Die Abweichung zwischen Erhebung an Ort und Stelle (Fahrzeug überfährt Detektor in Zufahrt oder Abfahrt) und Erkennung im System (Addieren/Subtrahieren/Klassifizieren) soll in Anlehnung an die TLS maximal eine Minute betragen. Der systemtypische Zeitversatz zwischen tatsächlicher Belegungsänderung durch die Einfahrt eines Fahrzeuges und Systemreaktion ist für die Auswertungen der Fahrzeugklassifizierung zu dokumentieren (Mittelwert). Bei Bedarf können auffällig lange Reaktionszeiten im Bewertungsbericht notiert werden.

Bei der Bewertung der Langzeitstabilität wird keine Reaktionszeit berücksichtigt, da es sich um eine Momentaufnahme der Anzahl Lkw auf der Rastanlage handelt. Abweichende Festlegungen sind im Bewertungsbericht zu dokumentieren.

Besondere Wetter- und Witterungsbedingungen bzw. Verkehrereignisse sind während des Bewertungszeitraums zu dokumentieren.

Betreiber können weitere Bewertungskriterien einführen, wie z. B. die Klassifizierungsgleichförmigkeit (im Sinne derselben Fahrzeugklasse für ein identisches Fahrzeug in der Zu- und Abfahrt) oder die Klassifizierungsungenauigkeit für verschiedene Sondersituationen (z. B. ein Fahrzeug parkt im Bereich des Detektors oder rangiert dort).

4.5 Bewertung der Wirksamkeit von Parkinformationssystemen

Befragungen

Die Wirksamkeit kann anhand von Befragungen abgeleitet werden. 2010 wurde im Auftrag der BAST eine Befragung von 153 Lkw-Fahrer/Innen durchgeführt (ISL Baltic Consult, 2011). Die Befragungsergebnisse sind in Anhang 9.23 dargestellt.

Die überwiegende Mehrheit der Befragten empfindet die Bereitstellung dynamischer Parkinformationen als hilfreich für die Planung der gesetzlichen Lenk- und Ruhezeiten. Dabei wurde deutlich, dass aus Sicht der Fahrer diese Informationen über mindestens zwei Rastanlagen infolge bereitgestellt werden sollten. Der hohe Ausstattungsgrad der Fahrzeuge mit Mobiltelefon, Internetzugang und Navigationsgeräten stellt eine gute Voraussetzung für die zukünftige Entwicklung individueller Mobilitätsdienste dar (ISL Baltic Consult, 2011).

Weiterer Untersuchungsbedarf

Die in den Kapiteln 4.3 und 4.4 beschriebenen Bewertungsverfahren müssen praktisch evaluiert werden. Sie sollen der Einschätzung der Informationsqualität von Parkinformationssystemen auf Rastanlagen dienen. Zum Zeitpunkt der Berichtslegung liegen noch keine abschließenden Auswertungen vor.

Bei ausreichendem Erhebungsumfang auf unterschiedlichen Rastanlagen lassen sich zukünftig Aussagen über Einsatzbereiche der Detektionstechniken ableiten. So werden die Detektionstechniken mit unterschiedlichen Randbedingungen verschieden gut umgehen. Je nach Maßnahmenziel und Kostenumfang kann dann eine geeignete Detektionstechnik ausgewählt werden. Hierfür liegen derzeit keine belastbaren Daten vor.

Es ist angedacht, ein Auswahl-schema zu entwerfen, unter welchen Randbedingungen welche Informationsqualitätsstufe gefordert werden soll: So kann es einer höheren Informationsqualität der Detektion bei numerischen Parkinformationen als bei beschreibenden Parkinformationen bedürfen. Auch die Ungenauigkeit, die seitens der Steuerung ausgeglichen werden kann, hat Einfluss auf die festzulegende Informationsqualitätsstufe. Ebenso sollen die Größe und Bedeutung der Rastanlage im Streckenabschnitt berücksichtigt werden.

Auf der Grundlage bisheriger Untersuchungen ist es nicht möglich, Aussagen zur Wirksamkeit von Parkinformationen abzuleiten. Hierzu zählen:

- Verbreitungsgrad der Information (Anzahl und Art der Informationssenden/-abnehmer),
- Akzeptanz der Parkinformationen,
- Reduktion des Parksuchverkehrs,
- Abnahme des ordnungswidrigen und verkehrsfördernden Parkens (Vergleich Vorher-Nachher),

- Verteilung der Nachfrage auf benachbarte Anlagen einer Strecke,
- Nutzen-/Kosten-Verhältnisse,
- Sicherheitsgewinn,
- Übertragbarkeit der Maßnahme.

Die Wirksamkeit von Parkinformationen ist grundsätzlich beschränkt, wenn die Nachfrage die vorhandene Kapazität eines Streckenabschnitts (deutlich) übersteigt. Eine gute Wirksamkeit von Parkinformationen ist jedoch zu erwarten, wenn die Parknachfrage annähernd gleich der Parkkapazität einer Strecke ist. Die Wirtschaftlichkeit ist dann darüber begründet, dass der Ausbau von Rastanlagen begrenzt möglich ist und Telematik zwingend erforderlich ist, um die Nachfrage auf die Kapazität einer Strecke zu verteilen.

Nach Abschluss der Pilotprojektphase können belastbare Daten zu diesen Fragestellungen erhoben werden. Insbesondere die geplante Ausstattung der Rastanlagen auf der A 9 zwischen Nürnberg und München sollte systematische Erhebungen zu oben genannten Fragestellungen ermöglichen.

4.6 Lastenheft zur funktionalen Ausschreibung

Nach Abschluss der Bewertung einer ausreichenden Anzahl Parkinformationssysteme werden an dieser Stelle Hinweise für die funktionale Ausschreibung gegeben. Funktionale Forderungen umfassen auf der Grundlage vorliegender Erfahrungen der Pilotprojekte folgende Aspekte:

- geringer Betriebsaufwand, d. h. stabiler Betrieb des Systems (mind. 14 Tage ohne manuelle Korrekturen, Wartung, o. Ä.),
- hohe Verfügbarkeit (max. Ausfalldauer pro Jahr begrenzen),
- Festlegung des maximalen Wartungsaufwands,
- Anforderungen, die sich aus dem Einbau der Detektion ergeben (Wasserfestigkeit etc.).

Insbesondere die Anforderungen an die Informationsqualität sind zu beschreiben. Wichtig ist die Festlegung der Art, Häufigkeit und Informationsqualität von Parkinformationen für Dienstleister und Verkehrsteilnehmer.

5 Vorschlag für eine intelligente Streckensteuerung

5.1 Vorbemerkung

In den Pilotprojekten bestand die Aufgabe der Steuerung darin, die numerische „Anzahl freier Parkstände“ abzuleiten. Diese Steuerung ist sehr stark von der Klassifikationsgenauigkeit des Detektors abhängig (siehe auch Kapitel 4). Bilanzierungsverfahren erlauben hierüber nur abgeleitete Aussagen aus der Anzahl Fahrzeuge auf der Rastanlage. Zudem kann der Verkehrsteilnehmer ohne Kenntnis der Gesamtanzahl aller Parkstände einer Rastanlage aus der Anzahl freier Parkstände nur wenige Erkenntnisse ziehen. Es bleibt dem Verkehrsteilnehmer überlassen, die richtigen Schlüsse aus der Parkinformation zu ziehen, sodass unerwünschte Verhaltensweisen nicht auszuschließen sind.

Eine intelligente Streckensteuerung soll daher der Verteilung einer Nachfrage auf die vorhandene Kapazität eines Streckenabschnitts dienen. Baulich können die erforderlichen Parkkapazitäten nicht allein punktuell durch wenige große Rastanlagen bereitgestellt werden, sondern müssen der streckenbezogenen Nachfrage angepasst werden. Auch aufgrund unregelmäßiger Nachfrage ist daher ein Verteilen der Nachfrage innerhalb eines Streckenabschnitts erforderlich. Dies kann nur durch Telematik geleistet werden. Bislang wurde jedoch kein Konzept realisiert, welches flächendeckend eine bessere Verteilung der Nachfrage erreichen kann.

Ausgehend von den im Rahmen der Pilotprojekte gesammelten Erfahrungen und den Vorgaben der EU (vgl. Europäische Union, 2013) wird daher nachfolgend ein Konzept entworfen, wie eine intelligente Streckensteuerung flächendeckend umgesetzt werden kann. Es ist zunächst ein mögliches Realisierungskonzept welches der regelmäßigen Fortschreibung und Aktualisierung bedarf, sofern neue praktische Erkenntnisse vorliegen (hier sei auf die aktuellen Planungen zu Streckensteuerungen in Bayern (A 9) und Rheinland-Pfalz (A 61) verwiesen).

Für die Straßenbauverwaltung wird sich nicht mehr nur die Frage stellen, welche Detektion erforderlich ist. Es steht vielmehr die Frage im Mittelpunkt, welche Inhalte und über welchen Weg die Verkehrsteilnehmer Parkinformationen erhalten sollen. Das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infra-

struktur (BMVI; ehemals BMVBS) erklärt hierzu, dass die Parkinformation ins Führerhaus übertragen werden soll (BMVBS, 2012). Dazu bedarf es der Zusammenarbeit zwischen öffentlicher Hand und privaten Diensteanbietern, wenn Endgeräte und Dienste im Fahrzeug aufbauend auf Detektionsdaten der öffentlichen Hand den Fahrer unterstützen und informieren sollen.

Für Steuerungsverfahren ergeben sich daraus neue Aufgaben. Zu klären wird sein, ob diese zentral in einer Verkehrsrechnerzentrale oder dezentral in Fahrzeugendgeräten angesiedelt sein werden. Eine sinnvolle Mischung kann eine Alternative zu beiden darstellen. Die Steuerungsziele müssen neu definiert werden. Teilweise bedarf es der Schaffung neuer Schnittstellen und Übertragungsprotokolle.

Es sind auch Veränderungen zu erwarten hinsichtlich der Detektion. So wird die Entscheidung für ein Detektionsverfahren zukünftig stärker in Abhängigkeit von den Gegebenheiten des Streckenabschnitts getroffen werden. Zudem können fahrzeugseitig erhobene Daten diese sinnvoll ergänzen. Die Steuerung hat dann die Aufgabe, die Daten der Detektion in geeignete Parkinformationen für den Verkehrsteilnehmer aufzubereiten.

Nachfolgend wird ein Konzept zur Datenerhebung/-aufbereitung und Bereitstellung von Parkinformationen ins Fahrzeug entworfen. Handlungs- und Entwicklungsbedarf wird aufgezeigt und mögliche Lösungsvarianten werden angesprochen.

5.2 Anforderung an Detektion

5.2.1 Detektionsverfahren

Die Entscheidung, ob eine Einzelparkstandsdetektion oder Bilanzierung der ein- und ausfahrenden Fahrzeuge erfolgen soll, ist mit Blick auf die Anzahl zu beschaffender Detektoren in erster Linie eine wirtschaftliche Frage. Das Steuerungsverfahren muss in der Lage sein, sowohl mit Daten über die Anzahl freier/belegter verkehrsrechtlich ausgewiesener Parkstände als auch mit Daten über die Anzahl Lkw, die sich auf der Rastanlage/im detektierten Parkbereich befinden, umzugehen.

5.2.2 Lage der Detektoren auf der Rastanlage

Die Lage der Detektoren ist abhängig vom gewählten Detektionsverfahren und der eingesetzten Detektionstechnik sowie individuellen Randbedingun-

gen der Rastanlage. Die Festlegung der geeigneten Standorte ist in enger Abstimmung mit Herstellern der Detektionstechnik sinnvoll. Allgemeine Hinweise sind in Kapitel 2.2 aufgeführt. Nachfolgend sind Erkenntnisse der Pilotprojektphase zusammengefasst.

Erdmagnetfelddetektoren zur Einzelparkstandsdetektion basieren auf der Messung der Änderung der magnetischen Flussdichte des Erdmagnetfeldes. Die Pilotprojekte haben gezeigt, dass im Bereich des Motorblocks diese Änderung am deutlichsten und damit am besten detektiert werden kann. Aussagen über Fahrzeuglängen sind fehlerbehaftet. Da die Vielzahl möglicher Fahrzeugaufbauten die Auswertung für einen zweiten im hinteren Teil des Parkstands verbauten Detektor erschwert, wurde eine relativ hohe Fehlerquote beobachtet.

Videotechniken und Laserscanner sollen bei Einzelparkstandsdetektion unter Kostenaspekten so platziert werden, dass mit einem Detektor möglichst viele Parkstände erfasst werden können. Als Randbedingungen sind hierbei die Erfassungsweiten und -winkel sowie der tote Winkel der Detektoren in einem dreidimensionalen Raum zu berücksichtigen. Diesem kann durch eine entsprechende Montagehöhe (unter Abwägung steigender Baukosten) und/oder -entfernung sowie Kamerawinkel Rechnung getragen werden. Weiterhin sind Abschattungen durch Fahrzeuge – und hier insbesondere durch ordnungswidrig parkende Fahrzeuge – zu berücksichtigen. Auf eine ausreichende Ausleuchtung in den Nachtstunden ist ebenso zu achten wie auf Beeinträchtigungen durch Gegenlicht von Fahrzeugen oder Sonneneinstrahlungen bei jeder Jahreszeit.

Beim Bilanzierungsverfahren konzentriert sich die Detektion auf die Zu- und Abfahrt eines Parkbereiches oder die gesamte Rastanlage. Gibt es mehrere Zu- und Abfahrten zum Lkw-Parkbereich (meist bei Tank- und Rastanlagen), kann es unter Umständen aus technischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten günstiger sein, die Detektion in den Verzögerungs- und Beschleunigungsstreifen von Ein- und Ausfahrt vorzunehmen. Das heißt, es erfolgt die Erfassung aller Fahrzeuge auf der gesamten Rastanlage. Hierbei kann jedoch nicht unterschieden werden, ob ein Lkw auf einem Lkw-Parkstand parkt oder im Tankstellenbereich ist.

Bei der Detektion in den Verzögerungs- und Beschleunigungsstreifen von Ein- und Ausfahrten sollten die Detektoren möglichst in einem Bereich platziert werden, in dem die erreichten Fahrzeugge-

schwindigkeiten gleichbleibend sind. Alle Detektoren sollen so platziert werden, dass sie möglichst mittig befahren werden und nicht von parkenden Fahrzeugen – und hier insbesondere durch ordnungswidrig parkende Fahrzeuge – dauerhaft belegt oder abgeschattet sind. Im Kurvenverlauf sind die Schleppkurven der Lkw zu berücksichtigen. Eine Unterscheidung zwischen Pkw- und Lkw-ähnlichen Fahrzeugen ist erforderlich. Diese Anforderungen gelten für alle Detektionstechniken.

5.2.3 Fahrzeugklassifizierung

Die zu erfassenden Fahrzeugklassen für telematisches Lkw-Parken sind Pkw- und Lkw-ähnliche Fahrzeuge. Eine detailliertere Klassifizierung ist oft nicht erforderlich (zu definierende Anforderung des Betreibers). Nur für den Fall, dass Bus- und Wohnwagenparkstände gesondert ausgewiesen sind und für Lkw nicht erreichbar und nutzbar sind, kann eine genauere Fahrzeugklassifizierung sinnvoll sein, um den reinen Lkw-Anteil genauer beziffern zu können.

Es eignen sich, wie im Kapitel 2.2 beschrieben, Merkmale wie die äußere Gestalt des Fahrzeugs, die elektromagnetisch wirksame Masse, Abmessungen des Fahrzeugs und andere messbare Eigenschaften je nach Möglichkeiten der eingesetzten Detektionstechnik (FGSV, 2010).

Bei der Einzelparkstandsdetektion wird bei einfachen Anwendungen jedes detektierte Objekt als Belegung des Parkstands eingestuft. Es kann also auch ein Pkw oder Motorrad die Belegung eines Lkw-Parkstands verursachen, wenn sie im Erfassungsbereich des Detektors parken. Der Betreiber definiert die Anforderung (abhängig vom beobachteten Verhalten der Verkehrsteilnehmer auf der Rastanlage), ob eine feinere Unterscheidung erforderlich ist. Es ist zu erwarten, dass in Zeiten großer Nachfrage keine Pkw-ähnlichen Fahrzeuge auf Lkw-Parkständen über längere Zeit parken werden und auf eine Fahrzeugklassifizierung bei Einzelparkstandsdetektion verzichtet werden kann.

5.2.4 Informationsqualität

Der Aspekt der Informationsqualität ist im Kapitel 4 vertieft. Die Informationsqualität ermittelt sich aus der Klassifizierungsgenauigkeit und der Langzeitstabilität.

Die zu fordernde Klassifizierungsgenauigkeit soll wirtschaftliche und technische Einschränkungen

berücksichtigen. Weiterhin ist zu beachten, dass eine etwas schlechtere Klassifizierungsgenauigkeit sich nicht unbedingt auf die Qualität der Parkinformation auswirken muss, wenn eine robuste Steuerung angemessen damit umgeht (z. B. Verwendung von Korrekturfaktoren), insbesondere da das Zusammenspiel mehrerer Detektoren zu einer Aussage über die Anzahl Fahrzeuge auf der Rastanlage führt.

Die Langzeitstabilität (Betriebssicherheit) des Systems ist ein weiterer Anforderungspunkt seitens der Betreiber. So wird die Forderung gestellt, dass das Detektionssystem 14 Tage ohne manuelle Korrekturen oder Eingriffe stabil arbeiten, d. h. fortlaufend die Belegung mit hinreichender Genauigkeit erfassen soll. Dabei ist festzulegen, wie oft und in welcher Höhe eine Abweichung zwischen tatsächlicher und gemessener Anzahl Fahrzeuge auf der Rastanlage zulässig ist. Dies wird unter dem Begriff „Toleranzgrenze“ in den Kapiteln 5.2.6 und 5.2.7 diskutiert. Hinsichtlich des dabei zulässigen Fehlers ist keine allgemeingültige Aussage möglich, sondern er hängt insbesondere von der Art der bereitzustellenden Parkinformation für die Lkw-Fahrer ab (siehe Kapitel 5.3).

5.2.5 Manuelle Korrekturen

Die Informationsqualität bei den Pilotprojekten hing direkt von der Langzeitstabilität ab. Es war bislang erforderlich, häufig, d. h. teilweise mehrmals täglich, manuell die Abweichung zwischen tatsächlicher und gemessener Anzahl Fahrzeuge auf der Rastanlage zu korrigieren. Festzulegen ist, ob der Aufwand für manuelle Korrekturen detektierter Daten seitens des Betreibers weiterhin durchgeführt werden soll oder ob ein vollständig automatischer Betrieb anzustreben ist.

Im Rahmen der Pilotprojekte zeichneten sich Lösungen ab, welche auch über längere Zeit gute Detektionsdaten liefern. Weiterentwicklungen sind hier zu erwarten. Dennoch werden in der Praxis Abweichungen zwischen tatsächlicher und gemessener Anzahl Fahrzeuge auf der Rastanlage auftreten. Die Auswirkungen geringer Abweichungen muss eine Steuerung minimieren. Große Abweichungen können im Rahmen von Plausibilisierungsverfahren erkannt werden. Somit bietet sich die Möglichkeit, die Häufigkeit manueller Korrekturen deutlich zu reduzieren oder darauf zu verzichten.

Die Grenze zwischen großen und kleinen Abweichungen bildet die „Toleranzgrenze“. Diese soll

zum einen ausdrücken, ab welcher Höhe der Abweichung zwischen tatsächlicher und gemessener Anzahl Fahrzeuge auf der Rastanlage eine Steuerung wahrscheinlich wahrnehmbar falsche Parkinformationen ermittelt.

Bild 30 veranschaulicht den Verlauf der Höhe der Abweichung zwischen tatsächlicher und gemessener Anzahl Lkw eines hypothetischen Systems. Systeme, deren Fehler eine maximal zulässige (vom Betreiber für eine Rastanlage als Toleranzgrenze festgelegte) Abweichung nicht oder nur vereinzelt kurzzeitig überschreiten, benötigen keine manuellen Korrekturen.

Die Toleranzgrenze bestimmt auch den Zeitpunkt des erforderlichen Korrigierens, in Bild 31 ist dies der Zeitpunkt des dauerhaften Überschreitens der zulässigen Abweichung.

Mit dem Verzicht auf häufige manuelle Korrekturen mit Hilfe von Videokameras ist zu prüfen, ob Kosten für deren Anschaffung und Einrichtung gespart werden. In erster Linie reduziert sich der erforderliche Personalaufwand.

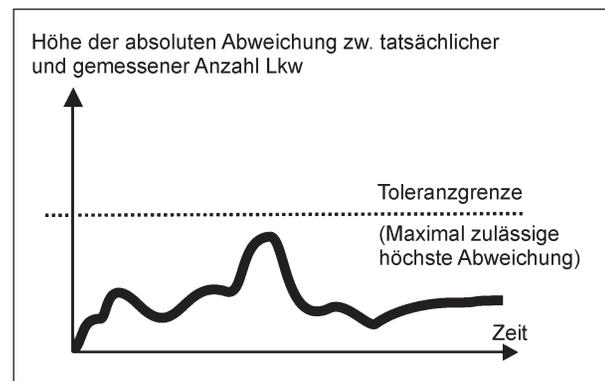


Bild 30: System ohne erforderliche Korrektur

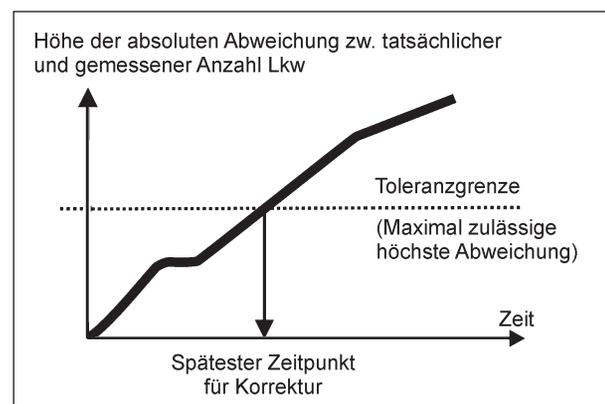


Bild 31: System mit erforderlicher Korrektur

5.2.6 Toleranzgrenze der Langzeitstabilität bei Einzelparkstandsdetektion

Die Toleranzgrenze beschreibt einen vom Verkehrsteilnehmer nicht mehr unmittelbar wahrnehmbaren Anteil freier Parkstände, die z. B. zu viel oder zu wenig als frei gemeldet wurden. Sind beispielsweise noch 10 von 100 Parkständen auf einer Rastanlage als frei gemeldet, so wird der Verkehrsteilnehmer aufgrund der Größe der Rastanlage nicht unmittelbar auf einem Blick erkennen können ob genau 10 Parkstände noch frei sind oder tatsächlich nur 5 oder gar 15.

Die Toleranzgrenze sollte immer größer null sein, denn auch Fehler bei der Referenzerhebung (z. B. durch Befahren eines großen Parkbereichs) können zu Abweichungen führen, die nicht zuungunsten eines Detektionssystems ausgelegt werden sollen. Für die Bewertung der Langzeitstabilität ist vielmehr wichtig, ob Verkehrsteilnehmer die Parkinformationen wahrscheinlich als richtig oder falsch empfinden werden. Daher kann sich die Festlegung der Toleranzgrenze an der Anzahl verfügbarer verkehrsrechtlich ausgewiesener Lkw-Parkstände und an der Bedeutung der Rastanlage im Streckenverlauf orientieren.

Eine sinnvolle Toleranzgrenze bei der Einzelparkstandsdetektion, die in numerische Parkinformationen eingehen, sind 5 % der verfügbaren Lkw-Parkstände (aufgerundet auf ganzzahlige Werte). Bei einer Rastanlage mit beispielsweise 45 Lkw-Parkständen ergibt sich die Toleranzgrenze mit „ ± 3 “. Ist z. B. die tatsächliche Belegung 38 und wird seitens der telematischen Steuerung die Belegung 40 gemeldet, werden Verkehrsteilnehmer diese geringe Abweichung auf die Dynamik des Parkverhaltens zurückführen können, ohne an der Richtigkeit der Parkinformation zu zweifeln. Wird also eine Abweichung kleiner oder gleich drei zwischen tatsächlicher und der seitens des zu bewertenden Systems ermittelten Anzahl belegter Parkstände festgestellt, so wird dieser Bewertungszeitpunkt als „gut“ eingestuft. Ist die Abweichung größer als die Toleranzgrenze, so wird dies als „schlecht“ eingestuft.

Werden beschreibende Parkinformationen (Rastanlage ist frei/belegt) vermittelt, kann ein größerer Toleranzbereich angewandt werden. Abweichungen zwischen der tatsächlichen und gemessenen Anzahl belegter Parkstände würden lediglich zu einem zeitlich verzögerten Zustandswechsel führen, d. h., die Parkinformation „die Rastanlage ist

belegt“ kommt einige Minuten zu früh oder zu spät. Jedoch wird zu diesem Zeitpunkt in der Realität die Rastanlage nahezu belegt sein, sodass diese zeitliche Verzögerung keine großen Auswirkungen auf die Akzeptanz der Verkehrsteilnehmer haben sollte.

Für eine große Rastanlage mit einer hohen zulässigen Abweichung können z. B. auch kostengünstige Systeme eingesetzt werden, die häufig etwas höhere Abweichungen aufweisen (Langzeitstabilität im Bereich C oder D, siehe Kapitel 4). Andererseits müsste auf einer kleinen Rastanlage, die i. Allg. nur geringe Abweichungen zulässt, ein hochwertiges System eingesetzt werden mit einem geringeren maximalen Fehler. In diesem Zusammenhang wird bereits deutlich, dass die numerische Meldung freier Parkstände bei Fehlern schnell zu Akzeptanzverlusten führen kann.

5.2.7 Toleranzgrenze der Langzeitstabilität bei Bilanzierungsverfahren

In der Praxis orientiert sich die Festlegung der Toleranzgrenze an verkehrstechnischen Maßgaben. Zu entscheiden ist, ab welcher Abweichung zwischen Parkinformation und realer Situation die Verkehrsteilnehmer die Parkinformationen wahrscheinlich als richtig oder falsch empfinden werden.

Für die Festlegung bieten die Anzahl verfügbarer verkehrsrechtlich ausgewiesener Lkw-Parkstände und die Bedeutung der Rastanlage im Streckenverlauf eine gute Orientierung. Eine mögliche Toleranzgrenze bei Daten von Bilanzierungsverfahren, die in numerische Parkinformationen eingehen, sind 5 % der verfügbaren Lkw-Parkstände (aufgerundet auf ganzzahlige Werte).

Anders als bei Einzelparkstandsdetektion ist jedoch zu bedenken, dass die Anzahl freier Parkstände eine rechnerische Größe ist. So beeinflussen auch die Berechnungsformel und die Wahl von Parametern das Ergebnis. Im Kapitel 5.3.3 wird ein möglicher Zusammenhang zwischen Steuerung und Toleranzgröße beschrieben.

Werden beschreibende Parkinformationen (Rastanlage ist frei/belegt) vermittelt, kann ein größerer Toleranzbereich angewandt werden. Abweichungen zwischen der tatsächlichen und gemessenen Anzahl belegter Parkstände würden lediglich zu einem zeitlich verzögerten Zustandswechsel führen, d. h., die Parkinformation „die Rastanlage ist belegt“ kommt einige Minuten zu früh oder zu spät.

Jedoch wird zu diesem Zeitpunkt in der Realität die Rastanlage nahezu belegt sein, sodass diese zeitliche Verzögerung keine großen Auswirkungen auf die Akzeptanz der Verkehrsteilnehmer haben wird.

5.2.8 Automatische Korrekturverfahren

Verschiedene Ansätze für die automatische Korrektur werden aktuell verfolgt (und teilweise, z. B. in Baden-Württemberg, praktisch angewandt):

- Festlegung bestimmter Unter- und Obergrenzen zur möglichen Belegung: Werte außerhalb dieser Grenzen fließen nicht in die Ermittlung der Parkinformation ein (z. B. „nicht weniger als 0 Fahrzeuge auf der Rastanlage“ und „nicht mehr als xx Fahrzeuge auf der Rastanlage“),
- Korrektur mittels historischer Ganglinien (sofern Ganglinien verfügbar sind, erfolgt in bestimmten zeitlichen Abständen ein Gleichsetzen mit historischen Daten),
- Fahrzeugidentifikation in Zu- und Abfahrt.

Mit der automatischen Fahrzeugidentifikation geht der Wunsch einher, einen Neustart des Systems ohne manuelle Eingaben zu ermöglichen, wobei die erforderliche Genauigkeit erst nach einer „Einschwingzeit“ erreicht wird.

Die Fahrzeugidentifikation basiert darauf, ein- und ausfahrende Fahrzeuge anhand bestimmter (seitens der Detektion erfassbarer) individueller Merkmale zu identifizieren. Bei der Einfahrt wird dem Fahrzeug eine Identifikationsnummer oder Identifikationskennzeichen zugewiesen. Wird das Fahrzeug in der Abfahrt mit gleichen oder (je nach Software sehr) ähnlichen Eigenschaften wiedererkannt, so wird es aus einer Bestandsdatenbank gelöscht. Fahrzeuge, die nach einer gewissen Zeit noch immer in der Datenbank geführt werden, können

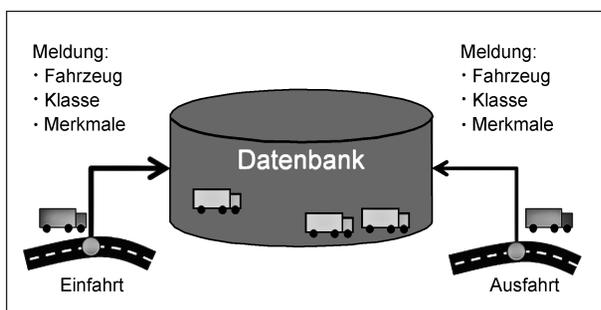


Bild 32: Prinzip der Korrektur mittels Fahrzeugidentifikation

automatisch aus dieser gelöscht werden. Es liegt hier die Annahme zugrunde, dass Fahrzeuge eine Rastanlage immer nach einer gewissen Zeit verlassen (siehe auch Bild 32).

5.2.9 Wirtschaftlichkeit

Aktuell liegen keine verallgemeinerbaren Daten vor, auf deren Grundlage eine Abschätzung über Zusammenhänge von Kosten und Informationsqualität erfolgen kann.

Bei der Konzeption ist daher auf das Verhältnis zwischen streckenbezogener Nachfrage und Kapazität zu achten. Es sollte unter Berücksichtigung der Streckencharakteristik ermittelt werden, welche Anteile der Nachfrage im Streckenabschnitt verlagert werden müssen (Überbelegungen) und wo freie Kapazitäten verfügbar sind (Unterbelegungen). Grundsätzlich ist die Wirksamkeit der Streckensteuerung begrenzt, wenn die Streckennachfrage die Streckenkapazität (dauerhaft deutlich) übersteigt. Ordnungswidriges Parken oder verkehrsfährdend parkende Fahrzeuge sind dann trotz Streckensteuerung nicht auszuschließen und der Nutzen hinsichtlich der Verkehrssicherheit ist gering.

Es sollte bei der Entscheidung über die Ausstattung von Rastanlagen mit Detektionstechnik die vorhandene Anzahl verkehrsrechtlich ausgewiesener Lkw-Parkstände berücksichtigt werden.

Unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten sollte auf die Einbindung kleinerer unbewirtschafteter Rastanlagen ohne WC (P) in eine Streckensteuerung verzichtet werden, d. h., es erfolgt keine Ausstattung mit Detektionstechnik. Auf eine Empfehlung, diese Rastanlage gezielt anzufahren, sollte im Rahmen einer intelligenten Streckensteuerung verzichtet werden. Eine derartige Empfehlung kann nur ausgesprochen werden, wenn eine Mindestanzahl von Parkständen vorhanden und auch frei ist (d. h. für den Verkehrsteilnehmer auch sicher erreichbar und nutzbar).

Unbewirtschaftete Rastanlagen mit WC (PWC) bieten Beleuchtung im Bereich des WC-Gebäudes und ab 30 Lkw-Parkständen auch auf der gesamten Rastanlage. Da ein Stromanschluss vorhanden ist, ist bei einer Mindestanzahl von Lkw-Parkständen die Ausstattung mit Detektionstechnik zur Einbindung in eine Streckensteuerung sinnvoll. Es wird empfohlen, ausgehend von einer streckenspezifischen Mindestanzahl an Lkw-Park-

ständen pro Rastanlage die Gesamtanzahl telematisch zu erfassender Parkstände zu ermitteln und im Verhältnis zur Nachfrage und dem Gesamtangebot (alle Lkw-Parkstände einer Strecke) hinsichtlich der erforderlichen Detektionstechnik zu bewerten.

Hinsichtlich der Detektion von freien Lkw-Parkständen stellen Tank- und Rastanlagen die größte Herausforderung dar, da es sich häufig um weitläufige und mehrfach verzweigte Anlagen handelt. Sofern bei dem Bilanzierungsverfahren die Erfassung der ein- und ausfahrenden Lkw nicht in den Verzögerungs- und Beschleunigungsstreifen erfolgt, werden innerhalb der Rastanlage mehrere Detektoren erforderlich. Es muss berücksichtigt werden, dass solche Anlagen in der Regel eine rückwärtige Betriebszufahrt haben, die je nach Lage der Detektoren ebenfalls ausgestattet werden muss.

5.3 Anforderung an die Streckensteuerung

5.3.1 Aufgabe der Streckensteuerung

Bei einer Streckensteuerung soll der Verkehrsteilnehmer geleitet werden. Detektionsdaten müssen daher genutzt werden, um

- die Belegungszustände für alle Rastanlagen der Strecke abzuleiten (verfügbar, frei, vollständig belegt, überfüllt, keine Aussage),
- Prognosen für die Belegungszustände zu ermitteln (z. B. vollständig belegt in 30 Minuten),
- Empfehlungen abzuleiten (alternative Rastanlage/Autohof, wenn eine Rastanlage nicht (mehr) frei ist) und
- bei Bedarf in einem Endgerät oder durch die Spedition auch Routenänderungen zu ermitteln und zu veranlassen.

Routenänderungen sind Einzelfallentscheidungen und nicht Teil der hier beschriebenen Streckensteuerung.

5.3.2 Aufbereitung der Detektionsdaten

Parkinformationen können ausschließlich auf infrastrukturseitig ermittelten Daten beruhen (Detektoren). Fahrzeugseitig erhobene Daten können diese ergänzen oder zukünftig ersetzen. Nachfolgend

wird jedoch nur von infrastrukturbasierten Detektionsdaten ausgegangen.

Einzelparkstandsdetektion

Für die Einzelparkstandsdetektion können Ansätze zum Plausibilisieren sinnvoll sein, die die Richtigkeit von Parkinformationen über die Anzahl freier Parkstände verbessern. Werden beispielsweise Erdmagnetfelddetektoren eingesetzt, so sollten die Daten der Detektoren dahingehend analysiert werden, ob mehrere Detektoren zum gleichen Zeitpunkt „Parkstand belegt“ melden (mögliche Ursache: Einstellung der Messungsempfindlichkeit). Bei benachbarten Detektoren würde in solch einem Fall z. B. nur noch der mittlere Parkstand als belegt definiert werden.

Für die Einzelparkstandsdetektion kann, sofern der fehlerhafte Zustand eines einzelnen Detektors bekannt (bzw. erkannt) wurde, mit Annahmen die Anzahl belegter Parkstände geschätzt werden. So könnte pauschal angenommen werden, dass der betroffene Parkstand zu bestimmten Zeiten (tagsüber) immer frei oder (nachts) immer belegt ist. Erfahrungswerte können eine feinere Festlegung unterstützen. Diese Festlegung ist nur bei einer geringen Anzahl defekter Detektoren sinnvoll.

Bilanzierungsverfahren

Für die weitere Entwicklung von Steuerungsverfahren für Rastanlagen mit Bilanzierungsverfahren könnten u. a. folgende Ansätze die allgemeine Verlässlichkeit und damit die Akzeptanz der Parkinformationen verbessern (ggf. als Teil eines automatischen fortlaufenden Plausibilisierens):

- Die Höhe der detektierten Fahrzeugzu-/abnahme pro Zeitintervall kann eine Orientierung bieten. Wird also eine Zunahme größer z. B. 10 Fahrzeuge pro Minute über mehrere Intervalle hinweg festgestellt, kann dies ein Anzeichen für Fehldetektionen sein. Hierbei können auch zeitabhängige Grenzwerte sinnvoll sein (Ganglinien zeigen typische Zeitbereiche, zu denen viele bzw. wenige Fahrzeuge zufahren).
- Wenn die Aktualisierung von Parkinformationen nicht in Echtzeit erfolgt (z. B. aggregiert über eine/mehrere Minute/n), ist auch die Bewertung der Zahl innerhalb einer bestimmten Zeit zu- oder ausgefahrener Fahrzeuge denkbar, so z. B. der Vergleich mit Vorher-Intervallen oder historischen Ganglinien.

5.3.3 Ableiten der Anzahl freier Parkstände

Einzelparkstandsdetektion

Parkinformationen umfassen bislang die Angaben zur Anzahl freier Parkstände. Für Einzelparkstandsdetektion kann diese numerische Parkinformation unmittelbar detektiert werden.

Bilanzierungsverfahren

Bei Bilanzierungsverfahren wird dieser Wert bislang aus der Anzahl Lkw auf der Rastanlage oder innerhalb des detektierten Bereichs ermittelt. Es zeigt sich aus der praktischen Erfahrung, dass in den Abendstunden nicht alle Lkw auf verkehrsrechtlich ausgewiesenen Parkständen parken. Die Folge ist, dass die Anzahl freier Parkstände falsch eingeschätzt wird. Es wird daher vorgeschlagen, einen neuen Korrekturfaktor G einzuführen.

Der Korrekturfaktor G soll ausdrücken, welcher Anteil der Fahrzeuge zu einer bestimmten Uhrzeit wahrscheinlich nicht auf einem ausgewiesenen Parkstand steht. Wird die Anzahl aller verkehrsrechtlich ausgewiesenen Parkstände mit diesem Korrekturfaktor multipliziert, ergibt sich ein fiktiver Parkraum, auf dem sich die Fahrzeuge befinden können. Davon subtrahiert wird die detektierte Anzahl Fahrzeuge auf der Rastanlage und somit die Anzahl freier Parkstände geschätzt.

Beispiel: Auf einer Rastanlage stehen 53 verkehrsrechtlich ausgewiesene Parkstände zur Verfügung. Detektiert wurden 53 Lkw auf der Rastanlage. Bekannt ist, dass sich um diese Uhrzeit etwa 20 % der Lkw im Tankstellen- oder sonstigen Bereichen aufhalten, wenn sich die Rastanlage am frühen Abend deutlich füllt. Es ist also nicht davon auszugehen, dass sich alle detektieren 53 Lkw auf den 53 Parkständen befinden. Die Annahme, dass die Rastanlage zu diesem Zeitpunkt belegt ist, wird sich mit der Realität vermutlich nicht decken. Der Korrekturfaktor G würde daher wie folgt angewandt: Die Anzahl freier Parkstände ist gleich der Anzahl Parkstände multipliziert mit G abzüglich der Anzahl Lkw auf Rastanlage ($53 \cdot 1,2 - 53 = 11$).

Es wird demnach geschätzt, dass, obwohl 53 Lkw auf der Rastanlage sind, diese nicht alle 53 Parkstände belegen, sondern noch 11 Parkstände frei sind.

Wird der zuvor genannte Korrekturfaktor G eingesetzt, eignen sich auch Bilanzierungsverfahren mit Detektoren in den Zu- und Abfahrten für eine annä-

hernde Schätzung der Anzahl freier verkehrsrechtlich ausgewiesener Parkstände.

Die tageszeitabhängige Schätzung für den Korrekturfaktor G sollte durch Beobachtungen auf der Rastanlage regelmäßig geprüft und angepasst werden, denn gute Parkinformationen sollen dazu beitragen, dass der Anteil Lkw, die ordnungswidrig parken, stetig abnimmt. Als Erhebungszeitpunkt bietet sich die Zeit an, zu der etwa so viele Fahrzeuge auf der Rastanlage sind wie die Anzahl verkehrsrechtlich ausgewiesener Parkstände auf der Rastanlage. Die Beobachtungen können auch für eine Analyse von Verhaltensänderungen herangezogen werden.

Der Korrekturfaktor G kann auch dazu dienen, den Anteil Busse und Wohnwagenspanne in der Anzahl detektierter Lkw-ähnlicher Fahrzeuge zu berücksichtigen. Der mit G abgebildete fiktive Parkraum wird entsprechend angepasst.

Der Einsatz eines Korrekturfaktors wirkt sich auf die Anforderungen an die Detektionstechnik aus. Umgekehrt darf die falsche Wahl des Korrekturfaktors G eine gute Langzeitstabilität des Detektors nicht verschlechtern. Die Genauigkeit der abgeleiteten Anzahl freier Parkstände kann ebenfalls anhand der Toleranzgrenze (wie bei Detektionsverfahren in Kapitel 4) beurteilt werden.

Tabelle 8 veranschaulicht fünf Szenarien, die dazu dienen sollen, mögliche Wechselwirkungen zwischen guten Detektoren (Delta innerhalb der Toleranz) und mittels Korrekturfaktor errechneter Anzahl freier Parkstände darzustellen.

In diesem Beispiel soll gelten, dass bei 45 Lkw auf der Rastanlage sieben Parkstände frei sind (d. h., 15 % Fahrzeuge parken zu diesem Zeitpunkt nicht auf verkehrsrechtlich ausgewiesenen Parkständen). Der optimale Korrekturfaktor wäre $G = 1,15$. Die Toleranzgrenze ergibt sich in diesem Beispiel für alle Szenarien mit ± 3 .

In Szenario 1 werden fünf Lkw zu wenig detektiert. Bei einer Detektionsbewertung würde dieser Prüfzeitpunkt außerhalb der Toleranzgrenze von ± 3 liegen. Ohne Korrekturfaktor, d. h. $G = 1,0$, liegt die Abweichung zwischen errechneter Anzahl freier Parkstände (5) und tatsächlicher Anzahl freier Parkstände (7) innerhalb der Toleranzgrenze von ± 3 . Günstige Randbedingungen führen in diesem Fall zu annähernd richtigen Parkinformationen. Der Einsatz des richtigen Korrekturfaktors ($G = 1,15$) würde in Szenario 1 dazu führen, dass statt der tat-

Szenario	Tatsächliche Anzahl Lkw	Gemessene Anzahl Lkw	Abweichung (Delta)	Errechnete Anzahl als frei gemeldeter Parkstände wenn ...			
				G = 1,0	G = 1,10	G = 1,15	G = 1,20
1	45	40	-5	5	10	12	14
2	45	42	-3	3	8	10	12
3	45	45	0	0	5	7	9
4	45	48	+3	0	2	4	6
5	45	50	+5	0	0	2	4

Tab. 8: Zusammenwirken von Korrekturfaktoren und Toleranzgrenze

sächlichen Anzahl freier Parkstände (7) zu viele freie Parkstände (12) gemeldet würden. Der Korrekturfaktor kann bei Detektoren mit schlechter Langzeitstabilität die Qualität der Parkinformation zusätzlich verschlechtern.

Das zweite Szenario in Tabelle 8 zeigt, dass trotz des Einsatzes eines guten Detektors ohne Einsatz eines Korrekturfaktors die Abweichung zwischen tatsächlicher Anzahl freier Parkstände (7) und der errechneten Anzahl freier Parkstände (3) bei $G = 1,0$ außerhalb der Toleranzgrenze ist. Dies wird im Szenario 3 noch deutlicher. Trotz exakter Detektion der Lkw weicht die Parkinformation hinsichtlich der Anzahl freier Parkstände um 7 von der tatsächlichen Anzahl ab. Die Rastanlage wird in diesem Szenario zu früh als belegt eingestuft („keine freien Parkstände mehr“).

Die Szenarien 4 und 5 verdeutlichen den Zusammenhang für den Fall, dass die Detektion zu viele Lkw meldet (beispielsweise wenn Lkw in der Abfahrt nicht erkannt werden). Die Korrekturfaktoren ($G = 1,15$ und $G = 1,2$) können kleine Detektionsfehler in der Parkinformation ausgleichen.

Bezüglich der Wahl von Toleranzgrenzen und des Zusammenspiels mit Korrekturfaktoren und anderen Berechnungsschritten in der Steuerung besteht Forschungsbedarf.

5.3.4 Ableiten einer Zustandsbeschreibung

Grundsätzlich sind für Verkehrsteilnehmer numerische Parkinformationen, wie die Anzahl freier Parkstände, jederzeit gut nachvollziehbar. Ist die seitens des einzelnen Verkehrsteilnehmers wahrgenommene Abweichung zur tatsächlichen Anzahl freier Parkstände hoch, verlieren Parkinformationen auf Dauer jedoch an Akzeptanz.

Der Anspruch an die Detektionsergebnisse ist auch unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten nicht unbe-

grenzt zu erhöhen. Steuerungen müssen mit fehlerhaften Eingangsdaten umgehen können. Dies ist umso einfacher, je mehr die Detektionsdaten in einer Parkinformation zusammengefasst werden. Wird also nicht eine numerische Information wie die Anzahl freier Parkstände übermittelt, sondern eine klassifizierende Beschreibung (z. B. „noch frei“ und „belegt“ o. Ä.), so ist es wahrscheinlicher, dass die Realität für den Verkehrsteilnehmer in der Parkinformation richtig abgebildet wird. Unsichere Detektionsdaten können auch durch konsequentes Runden auf 5er-Schritte abgemildert werden.

Das Ableiten eines Belegungszustandes kann mit Hilfe von Parametern erfolgen, welche für die Rastanlage individuell ermittelt werden. Neben dem Korrekturfaktor G wird ein weiterer Parameter zur Ermittlung des Zustands „überfüllt“ vorgeschlagen. Dazu kann der Parameter M genutzt werden, welcher die „jemals festgestellte maximale Belegung“ der Rastanlage beschreibt. Dieser Wert wird z. B. durch einmalige Zählung aller Lkw auf der Rastanlage in einer Nacht von Montag auf Dienstag ermittelt.

Wird bereits Detektionstechnik eingesetzt, kann diese maximale Belegung dynamisch aktualisiert werden, wenn in späteren Beobachtungsnächten ein deutliches Überschreiten des hinterlegten Wertes M erfasst wurde. Der Parameter M beschreibt eine extreme Überbelegungssituation auf der Rastanlage. Der Zustand „überfüllt“ tritt jedoch schon vorher ein, sodass der Schwellenwert für den Wechsel von „belegt“ zu „überfüllt“ bei einem Anteiligen Wert von M vorliegt. Idealerweise beschreibt der aus M abgeleitete Schwellenwert die Fahrzeugmenge auf der Rastanlage, ab welcher mit verkehrsgefährdend parkenden Fahrzeugen zu rechnen ist (z. B. 60/70/80 % der maximalen Belegung M). Der Überbelegungsschwellenwert K ergibt sich demnach aus M multipliziert mit 0,6 ... 0,8 (je nach Rastanlage).

Liegt die Anzahl gezählter Fahrzeuge auf der Rastanlage unter der Anzahl verkehrsrechtlich ausgewiesener Parkstände, ist die Rastanlage mit Sicherheit „frei“. Sie sollte weiterhin als „frei“ gelten, wenn die Anzahl gezählter Fahrzeuge unter dem mit Hilfe des Faktors G ermittelten fiktiven Parkraum liegt. Übersteigt die gezählte Anzahl Fahrzeuge diesen Wert, gilt die Rastanlage als „belegt“, und zwar so lange, bis die Anzahl gezählter Lkw den mittels des Parameters M errechneten Überbelegungsschwellenwertes K überschreitet, d. h., die Rastanlage ist „überfüllt“.

Es liegen aktuell noch keine Erfahrungen vor, wie die Verkehrsteilnehmer auf bestimmte Belegungszustände reagieren würden: Fahren sie trotzdem auf „vollständig belegte“ Rastanlagen? Verhindert die Information über den Belegungszustand „überfüllt“ das weitere Einfahren von Fahrzeugen? Neben beschreibenden Parkinformationen bieten sich für Endgeräte auch farbliche Darstellungen an (Grün, Gelb, Orange, Rot).

5.3.5 Ableiten von Empfehlungen

Ebenso wichtig wie die Information zum Belegungszustand der Rastanlage ist eine Empfehlung, wie sich der Verkehrsteilnehmer verhalten soll. Empfehlungen können umfassen:

- Parken auf der Rastanlage selbst (vollständige Nutzung aller noch freien verkehrsrechtlich ausgewiesenen Parkstände statt Parken in den Zu-/Abfahrten).
- Die Fahrt zur (über-)nächsten Rastanlage in Fahrtrichtung fortsetzen.
- Die Nutzung von Autohöfen auf der Strecke.
- Vorzeitiges Parken auf einer vorherigen Rastanlage (bei rechtzeitiger Information).

Idealerweise werden Staus und die daraus resultierende Fahrzeitverlängerung berücksichtigt, wenn die Empfehlung lautet, auf der (über-)nächsten Rastanlage in Fahrtrichtung zu parken. Endgeräte können zudem die verbleibende Lenkzeit auswerten. Auch eine Prognose für den Belegungszustand einer entfernten Rastanlage sollte ermittelt werden (z. B. vollständig belegt in 30 min).

Der Einsatz von Prognoseverfahren für Parkinformationen ist nicht bekannt. Nachfolgend wird daher ein Vorschlag für die Ermittlung einer Kurzzeitprog-

nose dargestellt. Diese könnte anhand der Zu- und Abnahme der Anzahl Fahrzeuge auf der Rastanlage in den letzten 5 bis 15 Minuten geschätzt werden. Sollten Erhebungen zeigen, dass insbesondere in den Abendstunden relativ konstante Anstiege zu beobachten sind, wäre eine einfache Prognose über eine lineare Hochrechnung für einen kurzen Zeithorizont möglich.

Prognosen sind erforderlich für die Empfehlung, die Fahrt zur (über-)nächsten Rastanlage in Fahrtrichtung fortzusetzen (also zu einer vom aktuellen Standort entfernten Rastanlage). Dazu bedarf es folgender Informationen:

- aktueller Belegungszustand auf der nächsten Rastanlage,
- aktueller Belegungszustand auf der übernächsten Rastanlage,
- Tendenz: geschätzter Belegungszustand auf der übernächsten Rastanlage in xx Minuten Fahrzeit (z. B. abgeleitet aus der Zunahme der Fahrzeuge der vergangenen 5/10/15 Minuten mittels linearer Hochrechnung),
- Entfernung und verkehrslageabhängige Fahrzeit zur übernächsten Rastanlage.

Wichtig ist hier in erster Linie die voraussichtliche Fahrzeit zur (über-)nächsten Rastanlage, da die verbleibende Lenkzeit den größten Einfluss auf die Entscheidung „parken“ oder „weiterfahren“ hat. Ist die nächste Rastanlage voll, so muss ohnehin eine Alternative gesucht werden (also die übernächste (noch freie) Rastanlage/Autohof). Wird die Rastanlage nach Ablauf der erforderlichen Fahrzeit auch belegt sein, so sollte rechtzeitig eine Alternative (Autohof zwischen beiden Rastanlagen) empfohlen werden.

Entscheidend scheint weniger ein hochgenaues Prognoseverfahren zu sein, welches dem Fahrer erlaubt, seine Lenkzeit bis zur letzten Minute auszunutzen, als mehr die rechtzeitige Handlungsempfehlung, wenn sich abzeichnet, dass nun die voraussichtlich letzte Parkmöglichkeit vor Ablauf der Lenkzeit erreicht ist. Dabei wird die Verkehrslage (Erreichbarkeit!) einen größeren Einfluss auf diese Empfehlung haben als der zukünftige Belegungszustand von Rastanlagen, denn nur wenn ausreichend freie Parkstände vorhanden sind, kann das Parken dort empfohlen werden. Die Aufgabe des Prognoseverfahrens ist es also, den Zeitpunkt des

Zustandswechsels von „frei“ auf „belegt“ möglichst genau zu bestimmen. Die Entscheidung basiert dann nur noch darauf, ob ein Fahrzeug rechtzeitig vor der prognostizierten Änderung des Belegungszustandes die Rastanlage erreicht oder nicht. Möchte ein Verkehrsteilnehmer sicher einen Parkstand finden, wird die Prognose eher auf pessimistischen Annahmen basieren. Der Fahrer wird dann besser früher eine Rastanlage anfahren, als auf den letzten freien Parkstand zu hoffen.

Zu entscheiden ist,

- wie Autohöfe in die Streckensteuerung der Verkehrsrechnerzentralen einbezogen werden,
- welche Rastanlagen mit Detektion ausgerüstet werden sollen,

- ab welcher Mindestanzahl (noch freier) verfügbarer Parkstände der Verkehrsteilnehmer eine Parkinformation/Empfehlung erhalten soll,
- ob die Parkinformation beschreibend oder numerisch sein soll.

In Bild 33 ist ein vorläufiger Entwurf aufgestellt, wie eine beschreibende standortabhängige Parkinformation mit zugehöriger Handlungsempfehlung aussehen kann. Dabei werden der Belegungszustand der Rastanlage selbst und die Belegungszustände der vor- und nachgelagerten Rastanlagen berücksichtigt. Zudem fließt die Verkehrslage auf dem Streckenabschnitt nach der Rastanlage in die Handlungsempfehlung ein. Das Schema kann für beliebig viele Rastanlagen in einem Streckenab-

*RA = Rastanlage; AH = Autohof; Abstände 10 km, Fahrtichtung -->

	RA 0		AH 1		RA 1		RA 2		Information vor Abfahrt der vorherigen RA 0	Information vor Abfahrt der RA 1
	Stau nach Rastanlage 1	leer	belegt	leer	belegt	leer	belegt	leer		
nein	x		x			x	x		RA in 20 km belegt, hier parken oder Autohof nutzen	RA belegt, Parken in 10 km
nein	x			x		x	x		übernächste 2 RAen belegt, hier parken	RA belegt, Parken in 10 km
nein	x		x		x		x		RA frei	RA frei
nein	x			x		x		x	RA auf 30 km belegt, hier parken	RA belegt auf 10 km
nein	x	x		x				x	RA frei	nächste RA belegt, hier parken
nein	x		x	x					Autohof belegt, hier parken	nächste RA belegt, hier parken
nein	x		x			x		x	RA in 20 km belegt, hier parken oder Autohof nutzen	RA belegt auf 10 km
nein	x			x	x		x		Autohof belegt, hier parken	RA frei
nein	x	x			x	x			RA belegt, Autohof nutzen	RA belegt, Parken in 10 km
nein	x		x		x	x			RA belegt, Parken in 30 km	RA belegt, Parken in 10 km
nein	x	x		x		x			RA belegt, Autohof nutzen	RA frei
nein	x		x	x			x		keine Parkmöglichkeit auf 40 km	keine Parkmöglichkeit auf 20 km
nein	x	x		x			x		RA belegt, Autohof nutzen	nächste RA belegt, hier parken
nein	x		x	x			x		RA belegt, Parken in 20 km	nächste RA belegt, hier parken
nein	x	x			x		x		RA belegt, Autohof nutzen	keine Parkmöglichkeit auf 20 km
nein	x		x	x			x		RA belegt, Parken in 20 km	RA frei
ja	x		x			x	x		RA in 20 km belegt, hier parken oder Autohof nutzen	RA belegt, Parken in 10 km, Reisezeitverzögerung nn Minuten
ja	x			x		x	x		übernächste 2 RAen belegt, hier parken	RA belegt, Parken in 10 km, Reisezeitverzögerung nn Minuten
ja	x		x		x		x		RA frei	RA frei
ja	x			x		x		x	RA auf 30 km belegt, hier parken	RA belegt auf 10 km, Reisezeitverzögerung nn Minuten
ja	x		x		x			x	RA frei	nächste RA belegt, hier parken
ja	x			x	x			x	Autohof belegt, hier parken	nächste RA belegt, hier parken
ja	x		x			x		x	RA in 20 km belegt, hier parken oder Autohof nutzen	RA belegt auf 10 km, Reisezeitverzögerung nn Minuten
ja	x			x	x		x		Autohof belegt, hier parken	RA frei
ja		x	x			x	x		RA belegt, Autohof nutzen	RA belegt, Parken in 10 km, Reisezeitverzögerung nn Minuten
ja		x		x		x	x		RA belegt, Parken in 30 km, Reisezeitverzögerung nn Minuten	RA belegt, Parken in 10 km, Reisezeitverzögerung nn Minuten
ja		x	x		x		x		RA belegt, Autohof nutzen	RA frei, Stau hinter RA 1
ja		x		x		x		x	keine Parkmöglichkeit auf 40 km, Reisezeitverzögerung nn Minuten	keine Parkmöglichkeit auf 20 km, Stau hinter RA 1
ja		x	x		x			x	RA belegt, Autohof nutzen	nächste RA belegt, hier parken, Stau hinter RA 1
ja		x		x	x			x	RA belegt, Parken in 20 km, Reisezeitverzögerung nn Minuten	nächste RA belegt, hier parken, Stau hinter RA 1
ja		x	x			x		x	RA belegt, Autohof nutzen	keine Parkmöglichkeit auf 20 km, Stau hinter RA 1
ja		x		x	x		x		RA belegt, Parken in 20 km, Reisezeitverzögerung nn Minuten	RA frei, Stau hinter RA 1

Bild 33: Entwurf zur Ermittlung streckenbezogener Parkinformationen und -empfehlungen

schnitt erweitert werden. Alternativ können auch standortabhängige Parkinformationen unter Berücksichtigung der vorherigen und nächsten zwei Rastanlagen erstellt werden.

Beispiel zu Bild 33 Zeile 1: Die Rastanlage ist „voll/belegt“. Der Verkehrsteilnehmer kann bereits auf der vorherigen Rastanlage parken, dazu müsste er dort bereits die Information erhalten „die nächste Rastanlage in xx km ist voll, hier parken“. Alternativ kann der Verkehrsteilnehmer zur übernächsten Rastanlage gelenkt werden, wenn er auf Höhe der belegten Rastanlage die Information erhält, dass „diese Rastanlage belegt ist, Parken in xx km empfohlen“. Entscheidend ist hier die verbleibende Lenkzeit.

Aus Bild 33 wird deutlich, dass durch die rechtzeitige Information über aktuelle und prognostizierte Belegungszustände der nachfolgenden Rastanlagen die Nachfrage nicht nur in, sondern auch entgegen der Fahrtrichtung verlagert werden kann. Sind beispielsweise zwei Rastanlagen infolge belegt, so lautet die Parkinformation, auf der letzten noch freien Rastanlage vor den beiden kommenden belegten Rastanlagen zu parken: „Die übernächsten zwei Rastanlagen sind voll, hier parken!“ Wirkungsvoller wird diese Parkinformation, wenn zudem noch Stau nach der übernächsten Rastanlage bekannt ist: „Die übernächsten zwei Rastanlagen sind voll und Stau in 20 km, hier parken!“.

Die Parkinformationen und insbesondere die Handlungsempfehlungen sind standortabhängig, da sie Prognosen („belegt in xx Minuten“) und die vom Standort erforderliche Fahrzeit (xx Minuten) kombinieren. Endgeräte könnten neben den standortabhängigen Informationen und Empfehlungen auch noch die verbleibende Lenkzeit und die geplante Route des Fahrers berücksichtigen.

Im Gegensatz zu diesen individuellen Parkinformationen/-empfehlungen können allgemeine Parkinformationen nur die Situation für alle im Streckenabschnitt vorhandenen Rastanlagen beschreiben, d. h. Aussagen treffen, wo noch wie viele Parkstände frei bzw. welche Rastanlagen noch frei sind. Als geringer wird die Wirkung einfacher Parkinformationen eingeschätzt, welche die Fahrer darüber informieren, wo Rastanlagen belegt sind, ohne alternative Parkempfehlung auszusprechen.

5.4 Anforderung an ein Kommunikationskonzept

5.4.1 Akteure einer Streckensteuerung

Bild 34 zeigt die Komponenten für die Bereitstellung von Parkinformationen.

Die Detektoren, welche über die Streckenstationen an die Unterzentralen bzw. von dort an die Verkehrsrechnerzentralen der Länder angebunden sind, liefern dynamische Daten zur Parksituation auf den Rastanlagen. Zukünftig ist denkbar, dass neben den lokalen Daten der Detektoren auch fahrzeugbasierte Daten eingebunden werden könnten (z. B. FCD-Daten). Die Kommunikation zwischen Detektoren, Streckenstation und Zentralen basiert auf Protokollen gemäß TLS (vgl. TLS, 2012, und BAST, 1999).

Die Daten zur aktuellen Situation auf Rastanlagen sollen zukünftig über den MDM verteilt werden. Für die strukturierte Bereitstellung der Daten wurde im Rahmen des MDM-Projektes und der EasyWay Expert and Studies Group 3 „Freight & Logistics Services“ ein DATEX-II-Datenprofil definiert (DATEX, 2013). Mit diesem Datenprofil ist es möglich, sowohl die statischen Daten zu einer Rastanlage als auch die dynamischen Daten zu beschreiben.

Zu den statischen Daten gehören z. B.:

- die geografische Lage einer Rastanlage,
- die Art der Rastanlage (PWC, TR, ...),
- Rastanlagenname,
- Zugehörigkeit zu einem Streckenabschnitt,
- Anzahl der insgesamt zur Verfügung stehenden Parkstände, differenziert nach Fahrzeugtypen,
- Art des dynamischen Parkraummanagements (falls vorhanden),
- Betreiber,
- evtl. anfallende Parkgebühren,
- sonstiges Serviceangebot,
- Erfassungsprinzip (Bilanzierungsverfahren; Einzelparkstandsdetektion).

Die statischen Daten für Rastanlagen können auf dem MDM hinterlegt und nur bei Bedarf (z. B. Ausbau) oder zyklisch aktualisiert werden.

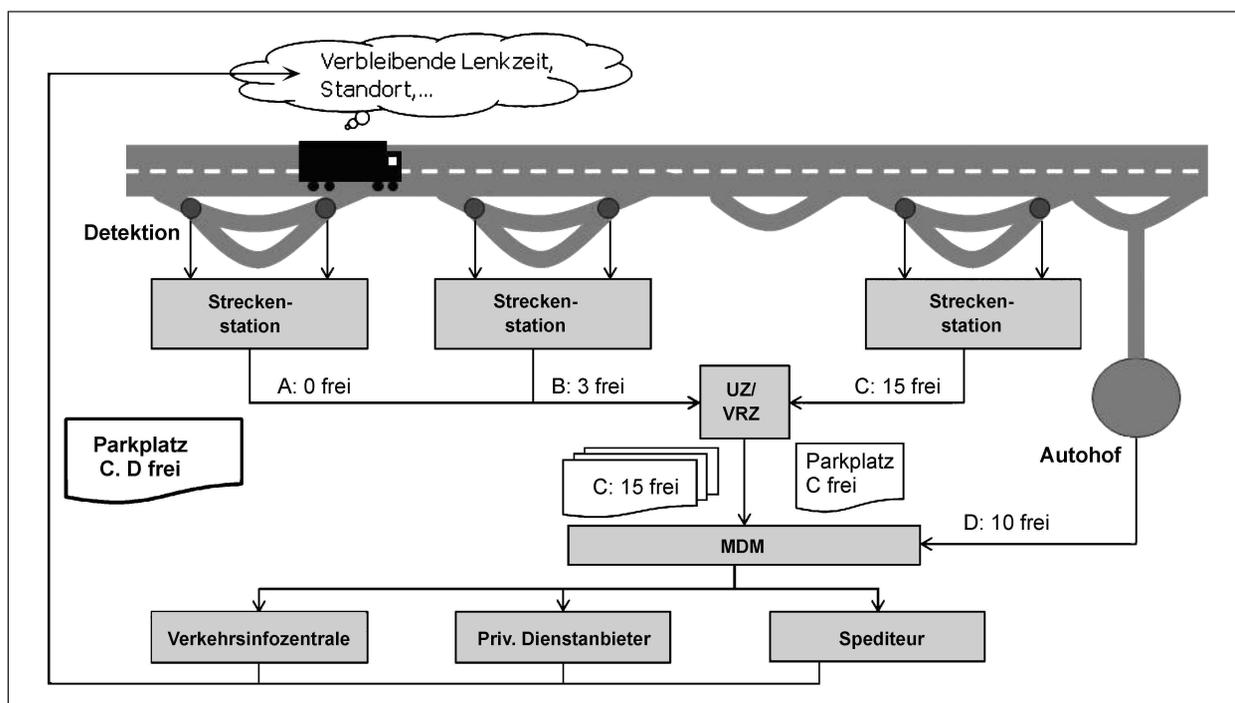


Bild 34: Komponenten streckenbezogener Steuerung der Lkw-Parkraumnachfrage

Die zur Rastanlage verfügbaren dynamischen Daten, die zur Erstellung von Parkinformationen erforderlich sind, sind:

- Anzahl freier (oder belegter) Parkstände, differenziert nach Fahrzeugtypen,
- qualitative Zustandsbeschreibung (z. B. frei, wenig frei, belegt, überfüllt, geschlossen o. Ä.),
- sonstige Daten (z. B. Anzahl zu-/abgefahrener Fahrzeuge in einem kurzen Zeitintervall für Prognosen),
- ggf. Angaben zur Genauigkeit der Detektion.

Die IT-Systeme der Verkehrsrechnerzentralen der Länder müssen zur Bereitstellung von dynamischen Verkehrsdaten mit Schnittstellen zum MDM ausgerüstet werden. Über diese Schnittstellen ist auch die Abgabe der in DATEX II codierten Parkinformation an den MDM vorzusehen (Bild 34).

Über den MDM könnten auch Daten von Autohöfen eingebunden werden.

Dritte, d. h. Verkehrsinformationszentralen, Rundfunkanstalten, private Rundfunkanbieter, private (Navigations-)Dienstleister und Speditionen, können die Daten über den MDM beziehen (MDM, 2011). Je nach gewähltem Kommunikationsmedium ist es erforderlich, die Daten zu geeigneten Parkinformationen aufzubereiten. Dazu ist es erforder-

lich, die Parkinformation z. B. für die Übertragung „TPEG over IP“ von DATEX II in das TPEG-Format zu konvertieren.

Mit dem zuvor beschriebenen DATEX-II-Profil ist es möglich, eine Vielzahl von Daten über Rastanlagen strukturiert an Dritte über den MDM weiterzugeben. Es ist derzeit nicht bekannt, welche Daten tatsächlich seitens privater Dienstleister bevorzugt werden.

Aus Gesprächen mit Vertretern von Anbietern entsprechender Dienste ist zu erkennen, dass ein möglichst breites Datenspektrum bevorzugt wird, weil es dem Anbieter ermöglicht, auf Basis der erhaltenen detaillierten Daten und unter Berücksichtigung weiterer Daten (z. B. Verkehrslage) eigene Auswerte- und Prognoseverfahren anzuwenden und Empfehlungen für den Dienstnutzer abzuleiten. Sinnvoll für solche Anwendungen ist, Angaben zur Qualität der dynamischen Daten verfügbar zu machen. Liegen solche Qualitätsdaten bei den Verkehrsrechnerzentralen vor, sollte eine Weitergabe erwogen werden.

Über die Bereitstellung von Daten an private Dienstleister via MDM hinaus stellt sich die Frage, ob die öffentliche Hand einen eigenen Dienst für die Verkehrsteilnehmer anbieten sollte. Über entsprechende TPEG-Dienste, die mittels DAB+ oder Smartphoneapplikationen angeboten werden, könnten Parkinformationen weitergegeben werden

(TISA, 2013). Es muss jedoch noch geklärt werden, inwieweit die öffentliche Hand in den Markt der Verkehrsinformationsdienste eingreifen will. Das BMVI, ehemals BMVBS, beabsichtigt derzeit keinen eigenen Dienst (ABS, 2013).

Es stellt sich die Frage, wie künftig mit Empfehlungen privater Dienstleister bezüglich des Anfahrens von bestimmten Rastanlagen umgegangen wird. Wie wird sichergestellt, dass solche Empfehlungen nicht Maßnahmen der öffentlichen Straßenbetreiber entgegenwirken? Muss es eine Vereinbarung hierzu zwischen Privatwirtschaft und öffentlicher Hand geben? Wird dies in den Datenüberlassungsverträgen thematisiert?

Eine europaweite Standardisierung der Informationsdarstellung (im Fahrzeug) erscheint sinnvoll. Die aktuelle Verordnung der EU (Europäische Union, 2013) lässt dies aber weitestgehend offen. So kann eine farbliche Abstufung der Belegung z. B. Dunkelrot (überbelegt) – Rot (belegt) – Gelb (nahezu belegt) – Grün (frei) – Grau (keine Information) von jedem Anbieter unterschiedlich gewählt werden. Für das Datenübertragungsprotokoll DATEX II lässt sich daher vorsehen, dass neben der Bereitstellung der Daten zur Anzahl freier Parkstände eine Einschätzung zur Parksituation seitens der Verkehrsrechnerzentralen erfolgt und diese ebenfalls an Dritte übermittelt werden kann.

5.4.2 Informationswege zum Nutzer

Die Darstellung der Informationen (Bild 35) wird maßgeblich beeinflusst durch die Art der Informationsübertragung und verfügbaren Endgeräte:

- Über den Rundfunk können die statischen und dynamischen Parkinformationen an den Verkehrsteilnehmer verteilt werden (RDS-TMC-Service/TPEG).

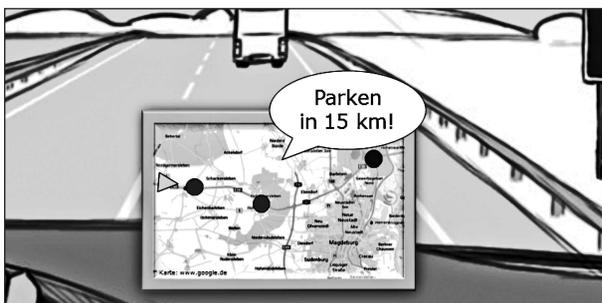


Bild 35: Vision – Parkinformationen im Endgerät mit Handlungsempfehlung (eigene Darstellung)

- Die Parkinformationen können in einer Smartphoneapplikation integriert werden und über Mobilfunk übertragen werden.
- Integration in ein kommerzielles Navigationssystem durch einen privaten Serviceanbieter (über Mobilfunk/TPEG).

Die Nutzung der über den MDM bereitgestellten Daten bietet ausreichend Freiräume für private Dienste mit Parkinformationen. Je nach Dienst unterscheiden sich auch die anfallenden Verbindungskosten für die erforderlichen Datenmengen.

Die Dienste sollten auch für ausländische Verkehrsteilnehmer nutzbar sein. Während für den DAB-Service erst eine Ausstattung mit geeigneten Endgeräten nötig ist, kann eine Smartphoneapplikation kurzfristig weit verbreitet sein.

5.4.3 Einsatz von TMC

Sind in einer Region nur wenige Strecken mit telematischen Systemen für das Lkw-Parken ausgerüstet, so kann deren numerische Belegung mit dem Ereigniscode 1921 oder 1905 numerisch übermittelt werden (siehe Tabelle 3, Kapitel 2.4.3). Bei Kenntnis der Gesamtkapazität einer Rastanlage können TMC-Meldungen mit den Ereigniscodes 1888 bis 1896 für einzelne Rastanlagen der Strecke erstellt werden. Die Ereigniscodes werden dann mit dem (als Punkt definierten) Ortscode der jeweiligen Rastanlage gemäß der jeweils gültigen LCL kombiniert.

Für eine streckenbezogene Information beispielsweise für die A 3 zwischen Frankfurt und Köln müssten für eine Fahrtrichtung für jeden der 14 Rastanlagen (siehe Tabelle 8) einzelne Meldungen entweder mit den Ereigniscodes 1903 „Parkplatz besetzt“ oder 1921 „xx Stellplätze frei“ erstellt werden. Diese Vorgehensweise bedarf der Aufbereitung für die Nutzer im Endgerät. Da derartige Funktionen nicht bekannt sind, bietet es sich an, die Parkinformationen bereits vor der Übertragung über TMC aufzubereiten.

Da die Kombination eines Ortscodes für einen gesamten Streckenabschnitt mit einem parkrelevanten Ereigniscode ebenfalls möglich ist, soll dies als Basis streckenbezogener Parkinformationen nachfolgend mit einem Beispiel verdeutlicht werden: Der Ortscode 7077 beschreibt den Streckenabschnitt „A 3, Frankfurt – Köln“. Diesem Streckenabschnitt sind in der LCL 14 Rastanlagen

LCL-Code	Typ	First Name
59629	P3.8	Weilbach
10877	P3.3	Medenbach
59630	P3.8	Theiſtal
10881	P3.3	Bad Camberg
10883	P3.3	Limburg
10886	P3.3	Nentershausen
10888	P3.12	Montabaur
10892	P3.10	Landsberg an der Warthe
10895	P3.3	Urbacher Wald
10897	P3.10	Epgert
60113	P3.4	Hambitz
39912	P3.8	Logebach
10903	P3.3	Siegburg
10906	P3.3	Königsforst

Tab. 8: Auszug aus der LCL 11.0 (BASt, 2013)

in Fahrtrichtung von Frankfurt nach Köln zugeordnet (siehe Tabelle 8). Angenommen, nur die Rastanlage Montabaur bietet noch freie Parkstandskapazitäten, dann kann der Ortscode 7077 mit dem Ereigniscode 1904 „alle Parkplätze besetzt“ gesendet werden. Damit wird dem Verkehrsteilnehmer verdeutlicht, dass zwischen Frankfurt und Köln auf der A 3 keine Parkstände für Lkw verfügbar sind. Zusätzlich sollte eine TMC-Meldung mit dem Ereigniscode 1921 „xx Stellplätze frei“ für den Location Code 10888 „Rastanlage Montabaur“ gesendet werden. Auf diese Weise erfährt der Verkehrsteilnehmer zusätzlich, dass auf dem zuvor genannten Streckenabschnitt auf einer Rastanlage noch freie Parkstände verfügbar sind. Es können auf diese Weise statt 14 Einzelmeldungen zwei TMC-Meldungen die gleiche Aussage treffen, die sich der Verkehrsteilnehmer andernfalls aus den 14 Einzelmeldungen hätte ableiten müssen.

Bislang existiert keine automatische Steuerung für die Einbindung von Parkinformationen in TMC oder TPEG, sodass hier Entwicklungsbedarf besteht. Dem Grundgedanken des Verkehrswarndienstes folgend ermöglicht die Ereignisliste nur eingeschränkt Aussagen, wo noch freie Kapazitäten vorhanden sind (d. h., es wird im Allgemeinen nicht informiert, wo kein Stau ist). Dies ist dennoch möglich (siehe Beispiel oben) und auch sinnvoll mit zunehmender Informationsmenge über ausgelastete Rastanlagen.

Die Verwendung von TMC für streckenbezogene Parkinformationen ist während der Entwicklungsphase von individuellen Mobilitätsdiensten denkbar. Erforderlich hierfür ist die Definition sinnvoller Streckenabschnitte mit den zugehörigen Parkkapazitäten, deren Zustand sinnvoll aktualisiert wird und als streckenbezogene Parkinformation den Verkehrsteilnehmern übermittelt wird. Es müssen Straßenbauverwaltungen (Verkehrsrechnerzentralen), Landesmeldestellen, Rundfunkanstalten und die Endgerätehersteller eine Vorgehensweise abstimmen und einheitlich umsetzen. Ein Konzept hierfür besteht bislang noch nicht.

5.4.4 Einsatz von TPEG

Aufgrund der technischen Beschränkung übertragbarer Informationen sind bei TMC eine inhaltliche Aufbereitung und Reduktion auf das Wichtigste vor dem Versand zum Verkehrsteilnehmer erforderlich. Dies wird durch neue Techniken, wie „TPEG over IP“, aufgehoben. Dann jedoch bedarf es Steuerungsverfahren im Fahrzeugendgerät, die aus der Fülle an übertragbaren Informationen die Empfehlung für den Verkehrsteilnehmer ableiten.

TPEG-fähige Endgeräte werden derzeit nur von sehr wenigen Herstellern angeboten. Die Informationen können z. B. als Tabelle dargestellt werden oder auch in ein bestehendes Navigationssystem einfließen. Für diesen Service fallen für den Verkehrsteilnehmer nach der Anschaffung des Endgerätes keine weiteren Kosten an.

5.4.5 Einsatz von Smartphoneapplikationen

Die Parkinformationen können in eine Smartphoneapplikation integriert und über Mobilfunk übertragen werden. Mit einem handelsüblichen Smartphone kann die Applikation empfangen und dargestellt werden. Die Informationsdarstellung kann in einer einfachen Version über eine übersichtliche Liste erfolgen, in der die statischen Daten zur Rastanlage und die dynamischen Parkinformationen tabellarisch aufgelistet werden. Die Reihenfolge der Liste kann zum Beispiel in Abhängigkeit von der Autobahnnummer oder auch in (Luftlinien-)Entfernung zur aktuellen Position erfolgen. Zu bedenken bleibt die Handhabbarkeit während der Fahrt.

Alternativ kann die Smartphoneapplikation auch auf einer Online-Karte aufbauen, in die die Parkinformationen integriert werden. In diesem Fall stellt die Applikation eine Alternative zu einem bestehenden

Navigationssystem dar, mit der dann auch ein Routing zur Rastanlage möglich ist. Während für die Darstellung der Informationen in einer Karte bei häufiger Nutzung ein hohes Datenvolumen erzeugt wird (ca. 1 MB/100 km), beträgt das Datenvolumen für die Listendarstellung nur wenige kB und ist somit auch für Verkehrsteilnehmer ohne Daten-Flatrate attraktiv.

Eine Smartphoneapplikation, welche für den Fahrer aus den Parkinformationen die für ihn wichtigen Informationen filtert, wird einen hohen Nutzen aufweisen können. Auf eventuell im Endgerät hinterlegtem Kartenmaterial (Autobahnen schematisch) kann die Applikation die Parkinformationen für die kommenden nächsten Rastanlagen filtern, wenn der Fahrer zuvor seine Route hinterlegt oder einen bestimmten Autobahnabschnitt ausgewählt hat. Idealerweise stellt die Applikation die Parkinformation (frei/belegt) für die nächste Rastanlage aktuell und die übernächste(n) Rastanlage(n) prognostiziert dar.

5.4.6 Einsatz von Navigationsgeräten

Die Integration von Parkinformationen kann in ein kommerzielles Navigationssystem durch einen privaten Serviceanbieter erfolgen (über Mobilfunk/TPEG). Dieser integriert die statischen und dynamischen Parkinformationen in sein bestehendes Navigationssystem, sodass diese zusammen mit den anderen benötigten Informationen (z. B. Verkehrslageinformationen) verarbeitet werden können. Idealerweise stellt das Navigationsgerät die Parkinformation (frei/belegt) für die nächste Rastanlage aktuell und die übernächste(n) Rastanlage(n) prognostiziert dar. In Abhängigkeit von der Lenkzeit und der Route erhält der Fahrer eine Empfehlung, auf welcher Rastanlage er (spätestens) parken sollte.

6 Zusammenfassung und Ausblick

Erhebungen im Auftrag des damaligen Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) im März 2008 belegten, dass auf und an den Bundesautobahnen (BAB) etwa 14.000 Lkw-Parkstände fehlen (BMVBS, 2008). Dies wirkt sich auf die Verkehrssicherheit aller Verkehrsteilnehmer aus. Zu beobachten ist, dass Fahrzeuge ordnungswidrig außerhalb der dafür vorgesehenen Parkstände abgestellt werden.

Die Bundesregierung will das bestehende Parkstanddefizit schnellstmöglich verringern (BMVBS, 2012). Neben dem beschleunigten Ausbau der Rastanlagen sollen auch telematische Systeme eingesetzt werden. Baulich können die erforderlichen Parkkapazitäten nicht allein punktuell durch wenige große Rastanlagen und Autohöfe bereitgestellt werden, sondern werden streckenbezogen bereitgestellt. Telematische Systeme helfen, die schwankende Nachfrage besser auf die verfügbare Kapazität einer Strecke zu verteilen. Daher werden große Potenziale telematischer Systeme in einer intelligenten Streckensteuerung gesehen.

Ziel von Parkinformationen ist es, Parksuchende bei der Einfahrt in einen BAB-Streckenabschnitt mit telematischer Unterstützung zu einem freien verkehrsrechtlich ausgewiesenen Parkstand einer Rastanlage oder einem freien Stellplatz auf einem Autohof zu leiten. Mittels Parkinformationen können die vorhandenen Lkw-Parkkapazitäten durch eine gleichmäßigere und insgesamt höhere Auslastung effizienter genutzt werden. Für die Güterverkehrsbranche soll damit eine verbesserte Planbarkeit der Lenk- und Ruhezeiten der Lkw-Fahrer erzielt werden. Insgesamt ist mit einer Erhöhung der Verkehrssicherheit für alle Verkehrsteilnehmer auf BAB zu rechnen.

Umfassende Erfahrungen zu telematischen Systemen liegen für die Verkehrssteuerung auf besonders staugefährdeten Strecken- und Netzabschnitten auf BAB vor (Stecken- und Netzbeeinflussungsanlagen). Hierfür werden Detektoren mit einer hohen Erfassungsgenauigkeit eingesetzt, um die gefahrenen Geschwindigkeiten und die Verkehrsstärke zu ermitteln. Steuerungsverfahren leiten daraus die erforderlichen Maßnahmen wie dynamische Geschwindigkeitsbeschränkungen oder Lkw-Überholverbote ab bzw. warnen Verkehrsteilnehmer vor Gefahren (z. B. Unfälle, Stau).

Diese bewährten und für die Randbedingungen auf der freien Strecke, also für einen anderen Geschwindigkeitsbereich optimierten Detektoren, wie Induktivschleifen, stehen auf Rastanlagen vor neuen Herausforderungen. Hierfür bedurfte es neuer technischer Entwicklungen, welche die besonderen Randbedingungen auf Rastanlagen und Anforderungen an die Erfassungsgenauigkeit berücksichtigen. So gilt es, parkende und langsam fahrende Fahrzeuge zu detektieren. Fahrmanöver wie Rangieren, aber auch Einschränkungen durch Bäume oder ordnungswidrig abgestellte Fahrzeuge

erschweren die Erfassung der Belegung von Rastanlagen in der Praxis. Im Rahmen von Pilotprojekten wurden daher ausgewählte Rastanlagen mit unterschiedlicher Detektionstechnik ausgestattet, um praktische Erfahrungen zu sammeln.

Für die Datenerfassung auf Rastanlagen existieren bislang in der Praxis zwei Detektionsverfahren zur Ermittlung der Anzahl belegter Parkstände:

- direkte Erfassung mittels Einzelparkstandsdetektion,
- indirekte Erfassung mittels Bilanzierungsverfahren.

Die beiden Detektionsverfahren unterscheiden sich hinsichtlich der Lage der Detektoren auf der Rastanlage. Bislang am häufigsten im Einsatz befinden sich Bilanzierungsverfahren, die jedoch hohe Anforderungen an die Erfassungsgüte stellen. Einzelne Messfehler werden andernfalls ohne Korrekturen über längere Zeit summiert und können daher zu einer hohen Abweichung zwischen tatsächlicher und gemessener Anzahl Lkw auf der Rastanlage führen.

Die technischen Möglichkeiten zur Erfassung der Belegung einer Rastanlage sind mit ihren Stärken und Schwächen beschrieben. Kein technisches System wird unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten unter allen Randbedingungen immer korrekte Ergebnisse erzielen. Daher ist es auch für Anwendungen des telematischen Lkw-Parkens erforderlich, die Systeme weiter hinsichtlich ihrer Einsatzgebiete zu bewerten. Dazu gehört auch, die Detektionstechnik stärker im Kontext der Steuerungsverfahren zu bewerten. So ist es eine Aufgabe der Steuerung, auf nicht plausible Werte angemessen zu reagieren (z. B. keine Informationsweitergabe), Werte zu glätten (z. B. Auf-/Abrunden) oder im Kontext von aktueller Tageszeit und historischen Daten zu bewerten (z. B. Vergleich mit Daten der vorangegangenen Intervalle). Algorithmen für automatische Fehlerkorrekturen der Daten sind weiter zu entwickeln.

Die Detektionstechniken für die Belegungserfassung von Rastanlagen wurden seit dem ersten Pilotprojekt kontinuierlich verbessert. Jedoch zeigte die Praxis wiederholt, dass Sondersituationen (z. B. Trennen von Zugmaschine und Anhänger, Rangieren im Detektionsbereich o. Ä.) zu Abweichungen zwischen tatsächlicher und gemessener Belegung führen. Der Aufwand, diese Sondersituationen er-

fassen zu wollen, muss im Verhältnis zur Wirkung bewertet werden. Treten die Sondersituationen selten auf, so sollte nicht der Detektor diese erfassen müssen, sondern eine Steuerung so robust sein, dass sie davon nicht beeinflusst wird.

Die Steuerungsverfahren sind bislang weder für einzelne Rastanlagen und Autohöfe noch für Streckenzüge weit entwickelt. Hier zeigt sich Forschungs- und Entwicklungsbedarf, der im vorliegenden Dokument angestoßen wird. Es empfiehlt sich daher, die Detektion stärker im Kontext des anschließenden Plausibilisierens und der Steuerung zu bewerten. Gleichen diese Detektionsfehler sich aus, so muss der Detektor nicht als ungeeignet eingestuft werden, nur weil er nicht immer die Toleranzgrenzen einhält. Die Festlegung von Toleranzgrenzen ist ebenfalls zu vertiefen. Die im Bericht vorgestellten Beispiele zeigen, dass, obwohl die Detektoren die Anzahl Lkw auf der Rastanlage um +5 Fahrzeuge zu viel erfasst haben, die Steuerung durch Korrekturfaktoren den Fehler bei der Berechnung freier Parkstände auf +1 reduzieren konnte. Die vorgeschlagenen Korrekturfaktoren bringen zwar Unschärfe in die Parkinformation, erlauben aber gleichzeitig, das örtlich zu beobachtende Verhalten besser abzubilden und unter Umständen auch Detektionsfehler auszugleichen. Forschungsbedarf zeigt sich hier, wenn es darum geht, geeignete Korrekturfaktoren ohne großen Aufwand zu erheben. Bezüglich der Wahl von Toleranzgrenzen und des Zusammenspiels mit Korrekturfaktoren und anderer Berechnungsschritte in der Steuerung besteht Forschungsbedarf.

Die detektierten Daten werden durch die Steuerung zu Parkinformationen aufbereitet. Parkinformationen können über verschiedene Kommunikationswege den Lkw-Fahrern sowie den Logistikunternehmen übermittelt werden. Mit der Entwicklung des Mobilitätsdatenmarktplatzes werden das Suchen und Beziehen von dynamischen Daten des Straßenverkehrs für Diensteanbieter erleichtert. Damit soll sich zukünftig auch die Bereitstellung von Parkinformationen im Fahrzeug vereinfachen. Synergien sollen sich zukünftig aus der Kombination von Park- und Routeninformationen von Navigationsgeräten sowie der verbleibenden Lenkzeit ergeben. Ableiten lassen sich individuelle Parkempfehlungen innerhalb des vorausliegenden Streckenabschnittes.

Mit der Entwicklung neuer Detektions- und Steuerungsverfahren für Parkinformationen stand die

Frage nach Bewertungsgrößen und Bewertungsverfahren im Raum. Einen weiteren Berichtschwerpunkt bilden daher Empfehlungen für die Umsetzung eines einheitlichen Bewertungsverfahrens für telematische Systeme auf Rastanlagen an BAB. Das Bewertungsverfahren erlaubt – im Gegensatz zu Prüfungen gemäß Technischen Lieferbedingungen für Streckenstationen (TLS) –, den Fokus auf die Bewertung des Gesamtkonzeptes zu legen, d. h., das Zusammenspiel von Detektion, Steuerungsverfahren und Kommunikation zum Verkehrsteilnehmer kann systematisch analysiert werden. Notwendig ist dieses Vorgehen, da zur Ermittlung der Parkinformation mehr als ein Sensor benötigt wird und somit die eigentliche Informationsqualität vom Zusammenspiel mindestens zweier Sensoren, aber auch den darauf aufbauenden Steuerungsverfahren abhängt. Durch die Festlegung einheitlicher Rahmenbedingungen für die Bewertung insbesondere bei der Referenzdatenerhebung lassen sich zudem die Bewertungsergebnisse verschiedener Telematiksysteme vergleichen.

Aktuell bedarf es noch der Validierung insbesondere der Grenzen der Güteklassen. Dies soll in Abstimmung mit den Ländern erfolgen. Zudem ist die Anwendung des Bewertungskonzeptes in den bestehenden Pilotprojekten vorgesehen. Anschließend wird es erforderlich sein, ein Schema zu entwickeln, unter welchen Randbedingungen welche Informationsqualitätsstufe zu fordern ist. Hierbei sollen dann die Lage und Größe der Rastanlage, die geplanten Parkinformationen und die möglichen Einflussfaktoren der Steuerung berücksichtigt werden.

Der Fokus weiterer systematischer Auswertungen ist es, mit zunehmendem Verbreitungsgrad die Wirksamkeit der Systeme, insbesondere Streckensteuerungen, statistisch zu ermitteln.

Der zunächst grob skizzierte Vorschlag für die Streckensteuerung, ausgehend von der Datenerfassung bis hin zur Informationsverbreitung zum Verkehrsteilnehmer, bedarf der Weiterentwicklung und Verfeinerung. Erforderliche Standardisierungen des DATEX-II-Profiles für Parkinformationen haben begonnen. Die Entwicklung von Parkinformationskonzepten bettet sich in internationale Entwicklungen ein. Insbesondere das Informationskonzept für den Verkehrsteilnehmer wird auch in Zukunft noch im Fokus internationaler Diskussionen stehen.

Diskussions- und Abstimmungsbedarf besteht auch mit Anbietern von Informationsdiensten. Konzepte sind zu entwickeln, die sicherstellen, dass möglichst viele Verkehrsteilnehmer Parkinformationen erhalten. Inhaltlich sollten sich diese nicht widersprechen. Die Entwicklungen im Endgerätemarkt sollten auf Basis einfacher Parkinformationen zukünftige individuelle Empfehlungen für den Nutzer anstreben. Dieses Ziel kann nur durch intensive Abstimmungen zwischen Datenerhebung (seitens der Länder/Verkehrsrechnerzentralen) und Bereitstellung von Parkinformationen durch private Diensteanbieter erreicht werden.

Als Koordinierungsstelle der deutschen Location Code List und Mitglied in der internationalen Traveller Information Services Association unterstützt die BAST die Weiterentwicklung von Diensten zur Bereitstellung von Parkinformationen in die Fahrzeuge.

Weiteres Ergebnis bisheriger Tätigkeiten der BAST ist die Entwicklung eines neuen Steuerungsverfahrens „Kompaktparken“, welches das vorhandene Spektrum telematischer Systeme auf Rastanlagen sinnvoll ergänzt. Kompaktparken basiert, wie auch Kolonnenparken, auf der Idee, durch zeitliches Sortieren mehr parkende Lkw auf kleinem Raum zu platzieren, die Flächen von Fahrgassen einzusparen und geordnetes, sicheres Parken zu unterstützen.

Beim Kompaktparken parken Lkw dicht hintereinander, welche zur selben Zeit oder später als die vor ihnen parkenden Lkw die Rastanlage verlassen wollen. Mittels dynamischer Anzeigen werden in freien Parkstandsreihen voraussichtlich nachgefragte Abfahrtszeiten für Kurz- und Langzeitparker angeboten. Füllt sich der Parkbereich, wird das Angebot auf die am stärksten nachgefragten Abfahrtszeiten reduziert. Ankommende Fahrer entscheiden anhand ihrer geplanten Abfahrtszeit und ihrer Fahrzeuglänge selbst, wo sie parken. Detektoren erkennen die vollständige Belegung einer Parkstandsreihe, sodass die dynamischen Anzeigen aktualisiert werden.

Das Steuerungsverfahren „Kompaktparken“ wird in einem gesonderten Arbeitsprogramm der BAST weiterentwickelt, um die zeitnahe technische Erprobung zu ermöglichen. Vorgesehen ist eine erste Pilotanwendung auf einer Rastanlage in Bayern ab 2014. Zudem erfolgen Auswertungen zur Wirksamkeit und Wirtschaftlichkeit des Verfahrens.

Das vorliegende Wissenspapier fasst den Stand der Entwicklungen zum Berichtszeitpunkt im Oktober 2013 zusammen. Eine regelmäßige inhaltliche Fortschreibung und Aktualisierung sind beabsichtigt.

7 Literatur

- ABS, J. (2013): Telematisches Lkw-Parken auf Bundesautobahnen, Vortrag im Rahmen der Veranstaltung „Intelligente Verkehrs-Systeme im Straßenverkehr“ – Nationale IVS-Konferenz am 26. Februar 2013 im BMVBS Berlin
- ADAC (2012): Herzlich willkommen als Parkplatz- und Staumelder des ADAC, Zugriff am 23.05.2012, <http://www.adac.de>
- Bergische Universität Wuppertal (2003): Sicherheits- und Betriebserfordernisse beim Bau von Rastanlagen der Bundesautobahnen (FE 02.0201/2000/MRB)
- BERGT, M., GATHER, M., LÜTTMERTING, A., RÄDER-GROßMANN, T. (2008): Belegung der Autobahnparkplätze durch Lkw in Thüringen – Phase II: Konkretisierung der Maßnahmenempfehlungen. Auftraggeber: Thüringer Landesamt für Bau und Verkehr, Oktober 2008
- BMW (2013): BMW-Techniklexikon – Navigationssystem. Verfügbar unter: http://www.bmw-diplo-matic-sales.com/de/de/insights/technology/technology_guide_2012/articles/navigation_system.html
- BR (2011): Digitalradio – Testphase für Verkehrsinfodienst TPEG, Bayerischer Rundfunk. Verfügbar unter: <http://www.br.de/unternehmen/inhalt/technik/digitalradio-verkehrsinfo-tpeg100.html>
- Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), 1999: Merkblatt für die Ausstattung von Verkehrsrechnerzentralen und Unterzentralen
- Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), 2012: Technische Lieferbedingungen für Streckenstationen, Ausgabe 2012, FGSV-Verlag, Bekanntmachung BMV ARS 2/2013 vom 03.01.2013
- Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), 2008: Konzept für eine einheitliche Beschilderung zur dynamischen Anzeige freier Lkw-Parkstände auf Rastanlagen an Bundesautobahnen, Entwurf vom 19.08.2008; unveröffentlicht
- Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), 2013: Location Code List/Event Code List, Zugriff am 10.06.2013; www.bast.de
- Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2008): Parksituation für Lkw auf BAB in Deutschland in den Nachtstunden, Zugriff am 17.07.2013, www.bmvbs.de
- Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2010): Aktionsplan Güterverkehr und Logistik – Logistikinitiative für Deutschland, Broschüre, November 2010, Herausgeber Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Bonn
- Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2012): Lkw-Parken in einem modernen, bedarfsgerechten Rastanlagensystem, Broschüre. Hrsg.: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Bonn
- Bundesministerium für Verkehr, Bau und Wohnungswesen (1997): Richtlinie für Wechselverkehrszeichenanlagen an Bundesfernstraßen (RWVA), Verkehrsblatt – Dokument Nr. B 6740
- Bundesministerium für Verkehr, Bau und Wohnungswesen (2000): Richtlinie für den Verkehrswarndienst, Verkehrsblatt 2000, S. 642
- CEN-EN-ISO 14819-1 (2003): Traffic and Traveler Information (TTI) – TTI Messages via traffic message coding – Part 1: Coding protocol for Radio Data System – Traffic Message Channel (RDS-TMC) – RDS-TMC using ALERT-C
- CEN-EN ISO 14819-2 (2003): Traffic and Traveler Information (TTI) – TTI Messages via traffic message coding – Part 2: Event and information codes for Radio Data System – Traffic Message Channel (RDS-TMC)“
- CEN-EN ISO 14819-3 (2003): Traffic and Traveler Information (TTI) – TTI Messages via traffic message coding – Part 3: Location Referencing for ALERT-C
- DATEX (2013): DATEX II Profil für Intelligentes Lkw-Parken (ITP). Version 00-01-00, unveröffentlichter Entwurf, Stand: 20.06.2013
- DÖGE, K.-P., KRIMMLING, J. (2012): Experiences with Video-Based Parking Space Surveillance; 19th ITS World Congress and Exhibition on Intelligent Transport Systems and Services, Wien, Oktober 2012

- Europäische Patentschrift EP 1 408 455 B1 (2007): Anlage zur optimalen Ausnutzung des Parkraumes von Parkplätzen für Kraftfahrzeuge, Patentinhaber MANNS, Klaus, Dr.
- Europäische Union (2006): Verordnung (EG) Nr. 561/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 15. März 2006 zur Harmonisierung bestimmter Sozialvorschriften im Straßenverkehr und zur Änderung der Verordnung (EWG) Nr. 3821/85 und (EG) Nr. 2135/98 des Rates sowie zur Aufhebung der Verordnung (EWG) Nr. 3820/85 des Rates. Amtsblatt der Europäischen Kommission vom 11.04.2006
- Europäische Union (2013): Commission delegated regulation (EU) C(2013) 2549 final No .../... of 15.5.2013 supplementing ITS Directive 2010/40/EU of the European Parliament and of the Council with regard to the provision of information services for safe and secure parking places for trucks and commercial vehicles; Zugriff am 25.07.2013 verfügbar unter: http://ec.europa.eu/transport/themes/its/news/doc/c%282013%292549_en.pdf;
- EVERS, C. (2009): Auswirkungen von arbeitsbezogenen Belastungen und Stress auf das Verkehrsverhalten von Lkw-Fahrern, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft M 204
- EVERS, C. & AUERBACH, K. (2006): Übermüdung als Ursache schwerer Lkw-Unfälle, Zeitschrift für Verkehrssicherheit, 52, 67-70.
- FH Erfurt (2012): Telematische Lösungen zur Überbelegung von Lkw-Parkplätzen an Bundesautobahnen (TeleLaB), Zugriff am 23.04.2012, <http://www.fh-erfurt.de/>
- FOLLMANN, J., MENGE, J. (2009): Verbesserung der Parkmöglichkeiten für Lkw an Autobahnen. Straßenverkehrstechnik, Heft 1/2009 Kirschbaumverlag, Bonn, S. 25-31
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen – FGSV (2006): Hinweise zur Qualitätsanforderung und Qualitätssicherung der lokalen Verkehrsdatenerfassung für Verkehrsbeeinflussungsanlagen, FGSV-Verlag, FGSV-Nr.: FGSV 386
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen – FGSV (2010): Hinweise zur kurzzeitigen automatischen Erfassung von Daten des Straßenverkehrs, FGSV-Verlag, FGSV-Nr.: FGSV
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen – FGSV (2012): Begriffsbestimmungen – Teil Verkehrsplanung, Straßenentwurf und Straßenbetrieb; FGSV-Verlag, FGSV-Nr.: FGSV 220
- HARTUNG, J. (1991): Statistik – Lehr- und Handbuch der angewandten Statistik, 8. Auflage, R. Oldenburg Verlag
- ISL Baltic Consult (2009): Technologieoptimiertes Lkw-Parken in Schleswig-Holstein, Auftraggeber: Ministerium für Wissenschaft, Wirtschaft und Verkehr des Landes Schleswig-Holstein
- ISL Baltic Consult, Urbane Ressourcen (2011): Evaluierung von Pilotprojekten zu telematischen Verfahren für Lkw-Parken auf Bundesautobahnen, zweiter Zwischenbericht, FE 230010 im Auftrag der Bundesanstalt für Straßenwesen; (unveröffentlicht)
- KLEINE, J. (2007): Vorstudie zur Qualitätsbewertung von Verkehrsinformationen, Schlussbericht des Forschungsprojektes F1100.6206000 (unveröffentlicht)
- KLEINE, J., LEHMANN, R. (2009): Neuer telematischer Steuerungsansatz für das Parkraummanagement von Lkw auf Rastanlagen an Bundesautobahnen. In: Straßenverkehrstechnik, Heft 12/2009
- KLEINE, J. LEHMANN, R., RITTERSHAUS, L. (2010): Telematiksysteme zur Verbesserung der Kapazität und Auslastung von Rast- und Parkplatzanlagen an BAB, Schlussbericht des Forschungsprojektes F1100.6508024 (unveröffentlicht)
- KREMTZ, L. (2011): Evaluation von Pilotanlagen zur automatischen Detektion der Lkw-Parkplatzbelegung, Masterarbeit, Fachhochschule Erfurt
- KÜHNEN, M. A. (2006): Autobahnverzeichnis (AVERZ) 2006, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft V 154
- LÜTTMERTING, A., GATHER, M., HEINITZ, F., HESSE, N. (2008): Belegung der Autobahnparkplätze durch Lkw in Thüringen – Bestandsaufnahme und grundsätzliche Maßnahmenempfehlungen, Berichte des Instituts Verkehr und Raum, Band 3, 2008

- MAIER, F., ROTH, C. (2008): Fahrzeugwiedererkennung unter Verwendung der Signaturen aus Induktivschleifendetektoren. In: Straßenverkehrstechnik Heft 2/2008
- M+C Lkw-Parksysteme GmbH & CoKG, 2013: Telematisch gesteuertes Lkw-Parken (Lkw-Kolonnen-Parken); Zugriff am 19.07.2013 <http://www.lkw-parken.de/>
- MDM (2011): Mobilitäts-Daten-Marktplatz, das Projekt: Eine Plattform für alle Marktteilnehmer. Zugriff am 19.07.2013 www.mdm-portal.de
- MDM (2013a): Mobilitäts-Daten-Marktplatz, Benutzerhandbuch, Version 1.6.1. Verfügbar unter: <http://hilfe.mdm-portal.de/startseite/dokumentation.html>
- MDM (2013b): Mobilitäts-Daten-Marktplatz, Technische Schnittstellenbeschreibung, Version 2.3.1. Verfügbar unter: <http://hilfe.mdm-portal.de/startseite/dokumentation.html>
- REILING, G. (2013): Aufbruch ins digitale Zeitalter. In: Automotive-IT vom 08.09.2103
- TISA (2013): Intelligent Transport Systems (ITS) — Traffic and Travel Information (TTI) via Transport Protocol Experts Group, Generation 2 (TPEG2) — Part 14: Parking Information (TPEG2-PKI_1.1/001), SP13009 TPEG2 PKI 20130315. TISA-Spezifikation, Entwurf für ISO/TS 21219 Part 14, 15.03.2013.
- SACHS, L. (1992): Angewandte Statistik – Anwendung statistischer Methoden, 7. Auflage, Springer Verlag
- Verwaltungsvorschrift zur Straßenverkehrsordnung (VwV-StVO 2001), Verkehrsblatt, Dokumentation Nr. B3404, Version 01/01

Schriftenreihe

Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen

Unterreihe „Verkehrstechnik“

2009

- V 176: Bestimmung der vertikalen Richtcharakteristik der Schallabstrahlung von Pkw, Transportern und Lkw
Schulze, Hübel € 13,00
- V 177: Sicherheitswirkung eingefräster Rüttelstreifen entlang der BAB A24
Lerner, Hegewald, Löhe, Velling € 13,50
- V 178: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2007 – Jahresauswertung der automatischen Dauerzählstellen
Fitschen € 26,00
- V 179: Straßenverkehrszählung 2005: Methodik
Kathmann, Ziegler, Thomas € 15,50
- V 180: Verteilung von Tausalzen auf der Fahrbahn
Hausmann € 14,50
- V 181: Voraussetzungen für dynamische Wegweisung mit integrierten Stau- und Reisezeitinformationen
Hülsemann, Krems, Henning, Thiemer € 18,50
- V 182: Verkehrsqualitätsstufenkonzepte für Hauptverkehrsstraßen mit straßenbündigen Stadt-/Straßenbahnkörpern
Sümmermann, Lank, Steinauer, M. Baier, R. Baier, Klemps-Kohnen € 17,00
- V 183: Bewertungsverfahren für Verkehrs- und Verbindungsqualitäten von Hauptverkehrsstraßen
Lank, Sümmermann, Steinauer, Baur, Kemper, Probst, M. Baier, R. Baier, Klemps-Kohnen, Jachtmann, Hebel € 24,00
- V 184: Unfallrisiko und Regelakzeptanz von Fahrradfahrern
Alrutz, Bohle, Müller, Prahlow, Hacke, Lohmann € 19,00
- V 185: Möglichkeiten zur schnelleren Umsetzung und Priorisierung straßenbaulicher Maßnahmen zur Erhöhung der Verkehrssicherheit
Gerlach, Kesting, Thiemeyer € 16,00
- V 186: Beurteilung der Streustoffverteilung im Winterdienst
Badelt, Moritz € 17,00
- V 187: Qualitätsmanagementkonzept für den Betrieb der Verkehrsrechnerzentralen des Bundes
Kirschfink, Aretz € 16,50

2010

- V 188: Stoffeinträge in den Straßenseitenraum – Reifenabrieb
Kocher, Brose, Feix, Görg, Peters, Schenker € 14,00
- V 189: Einfluss von verkehrsberuhigenden Maßnahmen auf die PM10-Belastung an Straßen
Düring, Lohmeyer, Pöschke, Ahrens, Bartz, Wittwer, Becker, Richter, Schmidt, Kupiainen, Pirjola, Stojiljkovic, Malinen, Portin € 16,50
- V 190: Entwicklung besonderer Fahrbahnbeläge zur Beeinflussung der Geschwindigkeitwahl
Lank, Steinauer, Busen € 29,50
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann kostenpflichtig unter www.nw-verlag.de heruntergeladen werden.

- V 191: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2008
Fitschen, Nordmann € 27,00
Dieser Bericht ist als Buch und als CD erhältlich oder kann ferner als kostenpflichtiger Download unter www.nw-verlag.de heruntergeladen werden.

- V 192: Anprall von Pkw unter großen Winkeln gegen Fahrzeugrückhaltesysteme
Gärtner, Egelhaaf € 14,00

- V 193: Anprallversuche an motorradfahrerfreundlichen Schutzeinrichtungen
Klöckner € 14,50

- V 194: Einbindung städtischer Verkehrsinformationen in ein regionales Verkehrsmanagement
Ansorge, Kirschfink, von der Ruhren, Hebel, Johanning € 16,50

- V 195: Abwasserbehandlung an PWC-Anlagen
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann kostenpflichtig unter www.nw-verlag.de heruntergeladen werden.
Londong, Meyer € 29,50

- V 196: Sicherheitsrelevante Aspekte der Straßenplanung
Bark, Kutschera, Baier, Klemps-Kohnen € 16,00

- V 197: Zählungen des ausländischen Kraftfahrzeugverkehrs auf den Bundesautobahnen und Europastraßen 2008
Lensing € 16,50

- V 198: Stoffeintrag in Straßenrandböden – Messzeitraum 2005/2006
Kocher, Brose, Chlubek, Karagüzel, Klein, Siebertz € 14,50

- V 199: Stoffeintrag in Straßenrandböden – Messzeitraum 2006/2007
Kocher, Brose, Chlubek, Görg, Klein, Siebertz € 14,00

- V 200: Ermittlung von Standarts für anforderungsgerechte Datenqualität bei Verkehrserhebungen
Bäumer, Hautzinger, Kathmann, Schmitz, Sommer, Wermuth € 18,00

- V 201: Quantifizierung der Sicherheitswirkungen verschiedener Bau-, Gestaltungs- und Betriebsformen auf Landstraßen
Vieten, Dohmen, Dürhager, Legge € 16,00

2011

- V 202: Einfluss innerörtlicher Grünflächen und Wasserflächen auf die PM10-Belastung
Endlicher, Langner, Dannenmeier, Fiedler, Herrmann, Ohmer, Dalter, Kull, Gebhardt, Hartmann € 16,00

- V 203: Bewertung von Ortsumgehungen aus Sicht der Verkehrssicherheit
Dohmen, Vieten, Kesting, Dürhager, Funke-Akbiyik € 16,50

- V 204: Einfluss von Straßenrandbegrünung auf die PM10-Belastung
Bracke, Reznik, Mölleken, Berteilt, Schmidt € 22,00
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann kostenpflichtig unter www.nw-verlag.de heruntergeladen werden.

- V 205: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2009
Fitschen, Nordmann € 27,50
Dieser Bericht ist sowohl als gedrucktes Heft der Schriftenreihe als auch als CD erhältlich oder kann außerdem als kostenpflichtiger Download unter www.nw-verlag.de heruntergeladen werden.

- V 206: Sicherheitspotenzialkarten für Bundesstraßen nach den ESN
Färber, Lerner, Pöppel-Decker € 14,50

- V 207: Gestaltung von Notöffnungen in transportablen Schutzeinrichtungen
Becker € 16,00

- V 208: Fahrbahnquerschnitte in baulichen Engstellen von Ortsdurchfahrten
Gerlach, Breidenbach, Rudolph, Huber, Brosch, Kesting € 17,50

V 209: Stoffeintrag in Straßenrandböden – Messzeitraum 2008/2009
Beer, Surkus, Kocher € 14,50

2012

V 210: Schmale zweibahnig vierstreifige Landstraßen (RQ 21)
Maier, Berger € 18,50

V 211: Innliegende Linkseinfädungsstreifen an plangleichen Knotenpunkten innerorts und im Vorfeld bebauter Gebiete
Richter, Neumann, Zierke, Seebo € 17,00

V 212: Anlagenkonzeption für Meistereigehöfte – Optimierung von Arbeitsabläufen
Schmauder, Jung, Paritschkow € 19,00

V 213: Quantifizierung von Verkehrsverlagerungen durch Baustellen an BAB
Laffont, Mahmoudi, Dohmen, Funke-Akbiyik, Vieten € 18,00

V 214: Vernetzungseignung von Brücken im Bereich von Lebensraumkorridoren
Schmellekamp, Tegethof
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 215: Stauprävention auf BAB im Winter
Kirschfink, Poschmann, Zobel, Schedler € 17,00

V 216: Verbesserung der Verkehrssicherheit auf einbahnig zweistreifigen Außerortsstraßen (AOSI)
Lippold, Weise, Jähric € 17,50

V 217: Verbesserung der Bedingungen für Fußgänger an Lichtsignalanlagen
Alrutz, Bachmann, Rudert, Angenendt, Blase, Fohlmeister, Häckelmann € 18,50

V 218: Empfehlungen zum richtigen Aufbringen von Tausalzungen
Hausmann € 16,00

V 219: Bewältigung großer Verkehrsmengen auf Autobahnen im Winter
Roos, Zimmermann, Schulz, Riffel € 16,50

2013

V 220: Maßnahmen zur Bewältigung der besonderen psychischen Belastung des Straßenbetriebsdienstpersonals – Pilotstudie
Pöpping, Pollack, Müller € 16,00

V 221: Bemessungsverkehrsstärken auf einbahnigen Landstraßen
Arnold, Kluth, Ziegler, Thomas € 18,50

V 222: Aktualisierung des MLuS 02 – Erstellung der RLuS
Düring, Flassak, Nitzsche, Sörgel, Dünnebeil, Rehberger € 19,50

V 223: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2010
Fitschen, Nordmann € 16,50
Dieser Bericht ist sowohl als gedrucktes Heft der Schriftenreihe als auch als CD erhältlich oder kann außerdem als kostenpflichtiger Download unter www.nw-verlag.de heruntergeladen werden.

V 224: Prüfung und Bewertung von Schutzeinrichtungen der Aufenthaltstufe H4b für den Einsatz auf Brücken – Teil 1 und 2
Bergerhausen, Klostermeier, Klöckner, Kübler € 19,00

V 225: Neue Technik für den Straßenbetriebsdienst – Teil 1: Neue Informations- und Kommunikationstechniken
Teil 2: Autonomes Fahren für den Straßenbetriebsdienst
Holldorb, Häusler, Träger € 21,50

V 226: Bewertungsmodell für die Verkehrssicherheit von Landstraßen
Maier, Berger, Schüller, Heine € 18,00

V 227: Radpotenziale im Stadtverkehr
Baier, Schuckließ, Jachtmann, Diegmann, Mahlau, Gässler € 17,00

V 228: Sicherheitskenngrößen für den Radverkehr
Baier, Göbbels, Klemps-Kohnen € 15,50

V 229: Straßenverkehrszählungen (SVZ) mit mobilen Messsystemen
Schmidt, Frenken, Hellebrandt, Regniet, Mahmoudi € 20,50

V 230: Verkehrsadaptive Netzsteuerungen
Hohmann, Giuliani, Wietholt € 16,50

V 231: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2011
Fitschen, Nordmann € 28,50
Dieser Bericht ist sowohl als gedrucktes Heft der Schriftenreihe als auch als CD erhältlich oder kann außerdem als kostenpflichtiger Download unter www.nw-verlag.de heruntergeladen werden.

V 232: Reflexkörper und Griffigkeitsmittel in Nachstreumittelgemischen für Markierungssysteme
Recknagel, Eichler, Koch, Proske, Huth € 23,50

V 233: Straßenverkehrszählung 2010 – Ergebnisse
Lensing € 16,00

V 234: Straßenverkehrszählung 2010 – Methodik
Lensing € 17,50

2014

V 235: Dynamische Messung der Nachtsichtbarkeit von Fahrbahnmarkierungen bei Nässe
Drewes, Laumer, Sick, Auer, Zehntner € 16,00

V 236: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2012
Fitschen, Nordmann € 28,50
Die Ergebnisdateien sind auch als CD erhältlich oder können außerdem als kostenpflichtiger Download unter www.nw-verlag.de heruntergeladen werden.

V 237: Monitoring von Grünbrücken – Arbeitshilfe für den Nachweis der Wirksamkeit von Grünbrücken für die Wiedervernetzung im Rahmen der KP II – Maßnahmen
Bund-Länder Arbeitskreis
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden. Der Anhang ist interaktiv. Das heißt er kann ausgefüllt und gespeichert werden.

V 238: Optimierung der Arbeitsprozesse im Straßenbetriebsdienst – Sommerdienst
Schmauder, Jung, Paritschkow € 19,00

V 239: Dynamische Messung der Griffigkeit von Fahrbahnmarkierungen
Steinauer, Oeser, Kemper, Schacht, Klein € 16,00

V 240: Minikreisverkehre – Ableitung ihrer Einsatzbereiche und Einsatzgrenzen
Baier, Leu, Klemps-Kohnen, Reinartz, Maier, Schmotz in Vorbereitung

V 241: Rastanlagen an BAB – Verbesserung der Auslastung und Erhöhung der Kapazität durch Telematiksysteme
Kleine, Lehmann, Lohoff, Rittershaus € 16,50

Alle Berichte sind zu beziehen im:

Carl Schünemann Verlag GmbH
Zweite Schlachtpforte 7
28195 Bremen
Tel. (0421) 3 69 03-53
Fax (0421) 3 69 03-48
www.schuenemann-verlag.de

Dort ist auch ein Kompletverzeichnis erhältlich.