

Neue Technik für den Straßenbetriebsdienst

Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen

Verkehrstechnik Heft V 225

The logo consists of the word "bast" in a bold, lowercase, green sans-serif font. The letters are slightly shadowed, giving them a 3D appearance as if they are floating above a surface.

Neue Technik für den Straßenbetriebsdienst

**Teil 1: Neue Informations- und
Kommunikationstechniken**

**Teil 2: Autonomes Fahren für den
Straßenbetriebsdienst**

von

Christian Holldorb
Katharina Häusler
Daniel Träger

Fachhochschule Biberach
Institut für Immobilienökonomie und Projektmanagement (IIP)

**Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Verkehrstechnik Heft V 225

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 BAST zum Teil als kostenfreier Download im elektronischen BAST-Archiv ELBA zur Verfügung.
<http://bast.opus.hbz-nrw.de/>

Impressum

Bericht zum Forschungsprojekt: FE 84.0103/2009

Einsatz moderner Informations- und Kommunikationstechniken zur Orientierung des Betriebsdienst-Managements und Ergänzungsbericht: Autonomes Fahren für den Straßenbetriebsdienst

Fachbetreuung

Horst Badelt

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 978-3-95606-022-9

Bergisch Gladbach, Juli 2013

Kurzfassung – Abstract

Teil 1: Neue Informations- und Kommunikationstechniken

In vielen Arbeits- und Organisationsprozessen des Straßenbetriebsdienstes werden Informations- und Kommunikationstechnologien eingesetzt, um Arbeitsabläufe zu erleichtern und sicherer zu gestalten, die Qualität der erbrachten Leistungen zu steigern sowie umfassende Daten und Informationen für die administrative und politische Leitung, die Verkehrsteilnehmer und die Öffentlichkeit insgesamt bereitzustellen. Die Potenziale der IuK-Technologien werden im Straßenbetriebsdienst aber häufig nur unvollständig genutzt, zum Teil stehen in anderen Einsatzbereichen und Branchen weitergehende Technologien zur Verfügung, deren Übertragbarkeit auf den Straßenbetriebsdienst jedoch offen ist. Ziel des durchgeführten FE-Vorhabens war die systematische Aufbereitung von Anforderungen und Möglichkeiten der IuK-Technologien, wofür u. a. eine bundesweite Umfrage und zahlreiche Interviews zum derzeitigen Einsatz erfolgten.

Die Anforderungen des Straßenbetriebsdienstes an den Einsatz der IuK-Technologien berücksichtigen neben der derzeitigen Praxis auch künftige Entwicklungen, die sich beispielsweise aus der Einführung der wirtschaftlichkeitsorientierten Steuerung des Betriebsdienstes ergeben. Damit IuK-Technologien erfolgreich eingeführt und betrieben werden können, ist neben Funktionalität und Qualität der technischen Komponenten auch die Berücksichtigung der organisatorischen und betrieblichen Abläufe im Straßenbetriebsdienst von großer Bedeutung. Neue Technologien sollten in ein IuK-Gesamtkonzept integriert sein; es empfiehlt sich ein modularer Aufbau.

In den Untersuchungen zur mobilen Sprach- und Datenkommunikation wurde deutlich, dass bei Auslaufen des Analogfunks neben dem Aufbau eigenständiger Digitalfunknetze auch die Nutzung des kommerziellen Mobilfunks in Betracht gezogen werden sollte. Wesentliche Grundlagen für die wirtschaftliche Steuerung sind die automatisierte Einsatzdatenerfassung sowie ein umfassendes Bestandsdatenmanagement, wobei Bestandsobjekte auch mit Hilfe von RFID-Chips identifiziert werden können. Im Winterdienst sollten verstärkt berührungslose Sensoren für die Erfassung von Fahrbahntemperatur und -zustand zum Einsatz kom-

men. Salzmanagementsysteme ermöglichen u. a. die Überwachung von Streustoffvorräten an nicht besetzten Standorten sowie eine übergeordnete Logistik bei Lieferengpässen. Wichtig sind auch Systeme zur Unterstützung der Fahrer von Winterdienstfahrzeugen, durch die Einsätze anforderungsgerechter und flexibler erfolgen können.

Es wurden auch neue und innovative IuK-Technologien analysiert, die große Potenziale für den Straßenbetriebsdienst erkennen lassen. Hierzu zählen die mobile Erfassung des Straßenzustandes für den Winterdienst durch Einsatzfahrzeuge oder Fahrzeuge des Individualverkehrs, alternative Kommunikationswege für die Warnung der Verkehrsteilnehmer vor Arbeitsstellen im Verkehrsraum sowie das autonome Fahren von Absperr- und Vorwarnanhängern, durch das die Gefährdung des Personals im Verkehrsraum deutlich reduziert werden kann. Es besteht jedoch noch erheblicher Forschungs- und Entwicklungsbedarf, um diese Technologien effizient im Straßenbetriebsdienst einzusetzen sowie ihren Nutzen umfassend bewerten zu können.

Part 1: New Information and communication technologies

Information and communication technologies (IuK-Technologies) are used in many work and organizational processes of road maintenance to make operating procedures easier and safer, to increase the quality of the performance, as well as, to provide full data and information for the administrative and political leadership, for road users and the public. However, the potential of IuK-Technologies is often not fully used in road maintenance. In some measure, there are further technologies available in other fields and branches whose transferability, however, is in question. The analysis of requirements and possibilities of IuK-Technologies was the purpose of this RD-project. Therefore, among other things, a nationwide inquiry and numerous interviews regarding the current use of IuK-Technologies have been carried out.

The requirements of road maintenance regarding the use of IuK-Technologies consider the current practice as well as future developments, for

example, the introduction of economic management of the road maintenance. In order to ensure a successful introduction and operation of luK-Technologies, beside functionality and quality of the technical components, the consideration of organizational and operational processes in road maintenance is of great significance. New technologies should be integrated in an luK-overall plan; a modular composition is advisable.

The investigations regarding the mobile voice and data communication indicated that in case of the discontinuance of the existing radio communication, the use of commercial mobile communication should be taken into consideration besides an independent build up of digital radio networks. Economic management essentially needs automatic field data recording, as well as, full network data management, in which objects can also be identified by radio frequency identification devices (RFID). In winter maintenance, the use of non-contact sensors should be increased for the measurement of the road surface temperature and the road surface condition. Salt management systems offer (among other things) the monitoring of the stock of spreading salt at unmanned sites, as well as, superior logistics in case of a supply shortage. Furthermore, systems that support the drivers of winter maintenance vehicles are also important. With this aid, the maintenance can perform more complementary to the requirements as well as more flexible.

New and innovative luK-Technologies which reveal a high potential in road maintenance have been analyzed. For example: the mobile determination of road conditions for winter maintenance through vehicles of maintenance or those of individual drivers, alternative channels of communication for warning the road users of work zones in roadway areas, and the autonomous driving of mobile traffic signs. The latter can significantly reduce the risk of accidents for personnel of maintenance in roadway areas. However, further research and development activities are needed in order to apply luK-Technologies efficiently in road maintenance, as well as, to be able to fully evaluate their benefits

Kurzfassung – Abstract

Teil 2: Autonomes Fahren für den Straßenbetriebsdienst

Mitarbeiter des Betriebsdienstes sind in Arbeitsstellen auf Autobahnen enormen Unfallgefahren ausgesetzt. Weiterhin erfordert die Sicherung von Arbeitsstellen kürzerer Dauer (AkD) einen hohen personellen und zeitlichen Aufwand. Im Rahmen des FE-Projektes „Informations- und Kommunikationstechniken zur Optimierung des Betriebsdienst-Managements“ wurde deutlich, dass die Anwendung autonomer Fahrzeuge im Betriebsdienst umfangreiche Möglichkeiten zur Reduktion der Gefährdung des Personals im Verkehrsraum bieten kann. Daher wurde in einer ergänzenden Untersuchung der Entwicklungsansatz „Autonomes Fahren für den Straßenbetriebsdienst“ konkretisiert.

Es wurde zum einen eine Minimallösung, mit der sich ein autonom fahrendes Absperrfahrzeug, welches einem Führungsfahrzeug auf der Autobahn folgt, realisieren lässt, konzeptionell untersucht. In einem zweiten umfassenden Gesamtkonzept ist die Automatisierung einer gesamten Absicherungskolonie mit Absperr- und Vorwarnfahrzeugen incl. der unbemannten Anfahrt zur Autobahn auf nicht öffentlichen Straßen vorgesehen. In der technischen Umsetzung handelt es sich bei den Einsatzszenarien der unbemannten Fahrzeuge um Formationsfahrten oder Folgefahrt-Szenarien auf der Autobahn, für die in der Vergangenheit bereits Forschungsvorhaben durchgeführt wurden, sodass eine technische Realisierung möglich ist.

Unbemannte Fahrzeuge mit den dargestellten Funktionsweisen können deutliche Sicherheitssteigerungen für Betriebsdienstmitarbeiter bieten. Eine erste Abschätzung ergab, dass 70 % der Mitarbeiter, welche in AkD auf Autobahnen beim Aufenthalt in Fahrzeugen verunglücken, durch den Einsatz unbemannter Arbeitsstellensicherung verhindert werden können. Dies entspricht rund der Hälfte der insgesamt in fremdverschuldeten Unfällen in AkD auf Autobahnen verunglückten Mitarbeiter.

Allerdings besteht zur Klärung technischer und rechtlicher Fragestellungen für die Realisierung unbemannter Sicherungsfahrzeuge deutlicher Forschungsbedarf, insbesondere bezüglich der Prognose und frühzeitigen Detektion von Fehlfunktionen. Die aktuelle Rechtslage in Deutschland er-

möglicht bisher nur Sondergenehmigungen für automatische Fahrzeuge im öffentlichen Straßenverkehr. Für den Einsatz der beiden vorgeschlagenen Systeme ist eine Genehmigung für den regulären Betrieb im täglichen Einsatz notwendig. Hierzu sind zahlreiche rechtliche Fragestellungen noch ungeklärt. Somit kann die Implementierung unbemannter Sicherungsfahrzeuge im Betriebsdienst als umfassendes Pilotprojekt für unbemanntes Fahren im Allgemeinen bzw. für den Einsatz in anderen Branchen dienen. Der geschlossene Anwenderkreis des Betriebsdienstpersonals könnte ein ideales Testfeld unbemannter Fahrzeuge sein. Somit wird empfohlen, die Forschung und Entwicklung unbemannter Sicherungsfahrzeuge aktiv voranzutreiben.

Part 2: Autonomous driving for the road maintenance service

Employees of the maintenance service are exposed to a large number of hazards when working on motorways. Furthermore, securing short-term work places requires a high number of man-hours. In the framework of research and development project "Information and Communication Techniques for Optimising Maintenance Service Management" it became clear that the use of autonomous vehicles in the maintenance service can offer extensive possibilities for reducing the dangers to staff working in traffic areas. Therefore, in an ancillary investigation, the approach to development "Autonomous driving for the road maintenance service" was substantiated.

The concept of a minimal solution was investigated in which an autonomously driving closure vehicle could be realised, which follows a leading vehicle on the motorway. In a second comprehensive overall concept, the automation of an entire protective convoy with closure and advance warning vehicles including an unmanned approach to the motorway on non-public roads is envisaged. In its technical implementation, this concerns driving in formation or follow-up runs on the motorway during the operational scenarios of the unmanned vehicles. Research projects have already been carried out for this in the past so that a technical realisation is possible.

Unmanned vehicles with displayed functions can offer a clear increase in safety for maintenance service employees. A first assessment revealed that 70% of accidents concerning employees in vehicles in short-term work places on motorways can be prevented by safeguarding places of work with unmanned technologies. This corresponds to about half of the overall accidents of third-party responsibility in short-term work places on motorways.

However, there is a clear need for research to clarify technical and legal questions regarding the implementation of unmanned safety vehicles, especially in respect of prognosis and early detection of malfunctions. The current legal situation in Germany only enables special authorisation for automatic vehicles in public traffic. For the implementation of the two proposed systems, it is necessary to have authorisation for regular daily operations. For this, numerous legal questions still remain unsettled. Therefore, the implementation of unmanned safety vehicles in the maintenance service can serve as an extensive pilot project for unmanned driving in general or for implementation in other industries. The closed user circle of the operating service staff could be an ideal test area for unmanned vehicles. Therefore, the active expedition of the research and development of unmanned safety vehicles is recommended.

Inhalt

Teil 1: Neue Informations- und Kommunikationstechniken	
1	Einleitung 11
2	Einsatz der luK-Technologien in Deutschland 12
2.1	Etablierte luK-Technologien am Markt 12
2.1.1	Sprachkommunikation 12
2.1.2	Automatisierte Einsatzdatenerfassung (AEDE) 13
2.1.3	Wetter- und Straßenzustandsinformationen 15
2.1.4	Bestandsdatenmanagement 21
2.2	Einsatzumfang von luK-Technologien in Deutschland 23
2.2.1	Daten- und Informationsgrundlagen ... 23
2.2.2	Sprachkommunikation 24
2.2.3	Automatisierte Einsatzdatenerfassung (AEDE) 26
2.2.4	Informationen zum Straßenwetter 28
2.2.5	Glättemeldeanlagen (GMA) 29
2.2.6	Systeme zur wirtschaftlichen Steuerung 30
2.2.7	Weitere Informationssysteme 32
3	Anforderungen des Straßenbetriebsdienstes an den Einsatz von luK-Technologien 33
3.1	Anwendungsunabhängige Anforderungen 33
3.1.1	Übergeordnete Anforderungen 33
3.1.2	Geräte für den mobilen Einsatz 34
3.1.3	Softwareergonomie (Mensch-Maschine-Schnittstelle) 35
3.1.4	Datensicherheit und Datenschutz 35
3.1.5	Betrieb und Implementierung von luK-Technologien 37
3.2	Anforderungen an die mobile Sprachkommunikation 38
3.3	Anforderungen an die mobile Datenübertragung 39
3.4	Anforderungen an das Bestandsdatenmanagement 40
3.5	Anforderungen an Systeme zur Automatisierten Einsatzdatenerfassung (AEDE) 41
3.6	Anforderungen an Systeme für Straßenwetter- und Straßenzustandsinformationen im Winterdienst 45
3.7	Anforderungen an Systeme zur Verbesserung der Sicherheit und des Verkehrsflusses bei Arbeiten im Verkehrsraum 47
4	Beschreibung neuer luK-Technologien in Pilotanwendungen des Straßenbetriebsdienstes 48
4.1	Digitalfunk als Neuerung in der Sprachkommunikation 48
4.1.1	Technische Grundlagen 48
4.1.2	Digitale Funksysteme 49
4.1.3	Vergleichende Zusammenfassung 52
4.2	Berührungslose Straßenzustandserkennung mit Laserspektroskopie 55
4.3	Ortung von Arbeitsstellen kürzerer Dauer (AkD) über GPS 56
4.4	Automatisierung von Streubreite und Streubild 57
4.5	Salzmanagement 59
4.6	Personenwarnsysteme 61
4.6.1	Lkw-Warnung über CB-Funk 61
4.6.2	Standstreifenüberwachung mit Laserdetektor 62
5	Beschreibung innovativer luK-Technologien mit Potenzialen für den Straßenbetriebsdienst 63
5.1	Verbesserte satellitengestützte Positionserfassung 63
5.1.1	Fehlerquellen im konventionellen GPS 63

5.1.2	Differential-GPS (DGPS)	65	6.1.5	Implementierungsschritte für den Mobilfunk	103
5.1.3	Galileo	67	6.2	Technologien für die dynamische Erfassung winterlicher Witterungs- und Straßenzustände mit Hilfe von Floating Car Data	104
5.1.4	Zusammenfassung	68	6.3	Verbesserte Positionsbestimmung und Objekterkennung	106
5.2	Radio Frequency Identification Devices (RFID) zur automatischen Objekterkennung	69	6.3.1	Anwendungsmöglichkeiten	106
5.3	Automatisierte Einsatzdatenerfassung und Einsatzsteuerung in ausgewählten Branchen	73	6.3.2	Bewertung	107
5.3.1	Landwirtschaft	73	6.3.3	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	108
5.3.2	Entsorgungswirtschaft	76	6.3.4	Empfehlung	109
5.3.3	Straßenbau	76	6.3.5	Implementierungsschritte	110
5.3.4	Übertragbarkeit auf den Betriebsdienst	77	6.4	Automatisierung von Arbeitsprozessen im Verkehrsraum	110
5.4	Verkehrstelematik und Fahrzeugtechnik	77	7	Empfehlungen zu Implementierung und Einsatz von IuK-Technologien im Straßenbetriebsdienst	112
5.4.1	Fahrzeug-Infrastruktur- und Fahrzeug-Fahrzeug-Kommunikation	77	7.1	Generelle Empfehlungen	112
5.4.2	Informationssysteme über Fahrzeug-Infrastruktur-Kommunikation	78	7.2	Empfehlungen zur Anwendung spezifischer IuK-Technologien	114
5.4.3	Fahrerassistenzsysteme über Fahrzeug-Infrastruktur- bzw. Fahrzeug-Fahrzeug-Kommunikation	85	7.3	Empfehlungen zur weiteren Forschung und Entwicklung	117
5.4.4	Autonomes Fahren	89	8	Zusammenfassung und Ausblick	119
5.4.5	Realisierungsbestrebungen und rechtliche Hürden	92	9	Interviewpartner	120
5.5	Straßenzustandserkennung über Sensoren in Reifen und Fahrzeug	92	Literatur	122	
6	Analyse ausgewählter neuer und innovativer IuK-Technologien zur Nutzung für den Straßenbetriebsdienst	94			
6.1	Technologien für die Sprach- und Datenkommunikation	94			
6.1.1	Vergleich des Funktionsumfangs zur Verfügung stehender Technologien	94			
6.1.2	Gesonderte Bewertung weiterer Aspekte des Mobilfunk	98			
6.1.3	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	100			
6.1.4	Empfehlung	102			

**Teil 2: Autonomes Fahren für den
Straßenbetriebsdienst**

1	Einleitung	129
2	Anwendungsmöglichkeiten	129
2.1	IST-Standard bei der Sicherung von Arbeitsstellen des Betriebs- dienstes	129
2.2	Anwendungsmöglichkeiten unbe- mannter Sicherungsfahrzeuge	133
3	Technische Konzeption	134
3.1	Stand der Technik	135
3.2	System 1: Selbstfahrende Sicherungstafel	136
3.3	System 2: Selbstfahrende Absperr- und Vorwarnfahrzeuge	137
4	Nutzenpotenziale	140
4.1	Steigerung der Mitarbeitersicherheit ...	140
4.2	Optimierung von Personaleinsatz und Arbeitsorganisation	142
4.3	Weitere Vorteile	143
4.4	Nachteilige Aspekte	144
5	Forschungsbedarf	145
5.1	Technischer Forschungsbedarf	145
5.2	Rechtlicher Klärungsbedarf	146
6	Zusammenfassende Empfehlungen	146
	Literatur	148

1 Einleitung

Der Straßenbetriebsdienst in Deutschland hat eine sehr hohe Bedeutung für die Aufrechterhaltung eines sicheren und leistungsfähigen Straßennetzes sowie den Substanzerhalt des Bauwerks „Straße“. Hiermit verbunden sind erhebliche Aufwendungen, die 2010 allein für die Bundesfernstraßen in einer Größenordnung von 1,1 Milliarden Euro (für den Betriebsdienst) lagen [BMVBS 2011a]. Aufgrund der hohen Anforderungen und der hiermit verbundenen Aufwendungen werden schon seit längerer Zeit auch im Straßenbetriebsdienst Informations- und Kommunikationstechnologien (luK-Technologien) eingesetzt, um die Wirtschaftlichkeit und Effektivität der Leistungserstellung zu verbessern. In vielen Arbeits- und Organisationsprozessen des Straßenbetriebsdienstes werden luK-Technologien eingesetzt, um Arbeitsabläufe zu erleichtern und sicherer zu gestalten, die Qualität der erbrachten Leistungen zu steigern sowie umfassende Daten und Informationen für die administrative und politische Leitung, die Verkehrsteilnehmer und die Öffentlichkeit insgesamt bereitzustellen.

Der Straßenbetriebsdienst ist jedoch seit einigen Jahren einer starken Veränderung ausgesetzt. Im Rahmen der bundesweiten Einführung des Leistungsheftes Straßenbetrieb [BMVBS 2004] und der damit verbundenen Implementierung der ergebnisorientierten Steuerung des Betriebsdienstes wird eine weitere Verbesserung der systematischen Planung, Durchführung und Abrechnung erforderlich. Da die Meistereien immer öfter im Auftrag mehrerer Kunden (Baulastträger) arbeiten und eine wirtschaftliche Verwendung der zur Verfügung stehenden Finanzmittel gefordert ist, müssen die Kosten und Leistungen so exakt wie möglich erfasst und abgerechnet werden. Die technische Ausstattung des Betriebsdienstes mit modernen luK-Technologien hat mit diesen Anforderungen nicht Schritt gehalten. Außerdem werden heute die Möglichkeiten des direkten Daten- und Informationsaustauschs zwischen Straßennutzern und Betriebsdienst nicht genutzt.

Durch eine systematische Aufbereitung von Anforderungen und Möglichkeiten der luK-Technologien kann gewährleistet werden, dass nur anforderungsgerechte Technologien zum Einsatz kommen und dass die Implementierung teurer und nicht aufeinander abgestimmter Individuallösungen vermieden wird. Hierdurch lassen sich insgesamt sowohl Aufwand als auch Zeitbedarf für die umfassende Ein-

führung von luK-Technologien reduzieren, was neben Einsparungen auf Seiten der Investitionskosten auch die schnellere Nutzbarkeit der Systeme ermöglicht. Daher beauftragte das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS), vertreten durch die Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), die Hochschule Biberach im Oktober 2009 mit dem FE-Vorhaben „Einsatz moderner Informations- und Kommunikationstechniken zur Optimierung des Betriebsdienst-Managements (InfKom)“.

Im Rahmen des FE-Vorhabens wurde in einem ersten Schritt basierend auf einer bundesweiten Umfrage und zahlreichen Interviews der derzeitige Einsatz von luK-Technologien im Straßenbetriebsdienst in Deutschland erhoben (s. Kapitel 2). In Kapitel 3 sind die Anforderungen des Straßenbetriebsdienstes an den Einsatz der luK-Technologien zusammengestellt, wobei neben der derzeitigen Praxis auch künftige Entwicklungen berücksichtigt werden, die sich beispielsweise aus der Einführung der wirtschaftlichkeitsorientierten Steuerung des Betriebsdienstes mit Einsatzdatenerfassung, Arbeitsplanung sowie Steuerung und Dokumentation zu Nachweis- und Qualitätssicherungszwecken ergeben.

Um die Möglichkeiten neuer luK-Technologien für den Straßenbetriebsdienst bewerten zu können, werden diese umfassend dargestellt. Hierbei wird nach Technologien, die bereits vereinzelt im Straßenbetriebsdienst im Einsatz sind (Kapitel 4), sowie nach innovativen luK-Technologien differenziert, die ein hohes Potenzial für den Straßenbetriebsdienst aufweisen (Kapitel 5). Es werden nicht nur luK-Technologien berücksichtigt, durch die die Anforderungen des Straßenbetriebsdienstes abgedeckt werden können, sondern auch Technologien, durch deren Nutzung sich neue Möglichkeiten für den Straßenbetriebsdienst ergeben.

Ausgewählte neue und innovative luK-Technologien werden in Kapitel 6 analysiert und dahingehend bewertet, wie sie für den Straßenbetriebsdienst genutzt werden können. Hierbei wird auch auf die Entwicklungs- und Umsetzungsschritte eingegangen, die für eine praxismgerechte Implementierung erforderlich sind. In Kapitel 7 sind Empfehlungen zusammengestellt, wie den wesentlichen Anforderungen des Straßenbetriebsdienstes bei Implementierung und Einsatz von luK-Technologien bestmöglich entsprochen werden kann. Hierbei wird besonders auf die bereits für den Straßenbe-

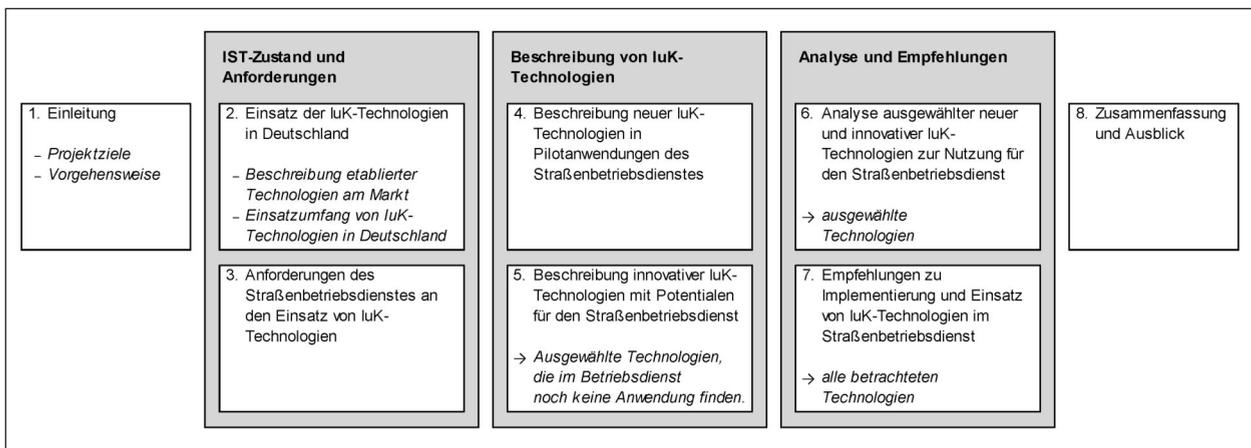


Bild 1: Aufbau des vorliegenden Berichts

triebsdienst verfügbaren luK-Technologien eingegangen. Notwendige Forschungs- und Entwicklungsschritte zur Nutzung neuer und innovativer luK-Technologien im Straßenbetriebsdienst sind in Kapitel 7 ebenfalls zusammengestellt.

Bild 1 stellt den erläuterten Aufbau des vorliegenden Berichts grafisch dar.

2 Einsatz der luK-Technologien in Deutschland

2.1 Etablierte luK-Technologien am Markt

2.1.1 Sprachkommunikation

Für die sprachliche Kommunikation zwischen Meistereigehöft und Einsatzfahrzeugen bzw. den Einsatzfahrzeugen untereinander stehen gegenwärtig in der Regel zwei Systeme zur Verfügung: die schon lange bekannte Technik des Analogfunks und der im privaten allgegenwärtige Mobilfunk. Beide Techniken sind allgemein bekannt, weshalb nachfolgend nur ein kurzer Überblick gegeben wird. Digitale Funktechnologien, die vereinzelt im Betriebsdienst auch verwendet werden, sind in Kapitel 4.1 detailliert erläutert.

Analogfunk

Mit Hilfe von Analogfunk lassen sich Sprache und Ruftöne übertragen. Die Sprachübertragung geschieht durch Umwandlung der Audiosignale in elektromagnetische Wellen, welche sich als Funkwellen ausbreiten und vom Empfangsgerät auf-

genommen und wieder als Sprache ausgegeben werden.

Eine Straßen- oder Autobahnmeisterei benötigt ein eigenes Funknetz mit bestimmten Sendefrequenzen und eigenen Senderstandorten. Die Kommunikation innerhalb dieses Netzes ist frei von Nutzungsentgelten. Eine Kommunikationsmöglichkeit zu anderen Meistereien und Externen besteht nicht. Verfügbar ist Analogfunk im 4-m-, 2-m- und 70-cm-Band. Innerhalb des Versorgungsbereiches einer Meisterei liegen mehrere Senderstandorte, welche das Gebiet in Funkzellen unterteilen. Durch Leitstellen in der Zentrale können die einzelnen Senderstandorte angesprochen werden. Die Meldung kann alle Empfangsgeräte innerhalb der entsprechenden Funkzelle erreichen. Die einzelnen Sender einer Meisterei arbeiten auf unterschiedlichen Frequenzen, weshalb beim Verlassen einer Funkzelle ein Umschalten am Endgerät erforderlich ist. Je nach Endgerät erfolgt die Frequenzumstellung automatisch oder ist manuell durchzuführen. Als Endgeräte können fahrzeuggebundene Empfänger oder Handfunkgeräte zum Einsatz kommen.

Der Analogfunk bietet verschiedene Anwendungsfälle der Sprachkommunikation. Über die Leitstellen sind Rufe ganzer Gruppen oder Einzelrufe an gezielte Endgeräte möglich. Darüber hinaus ist eine Kommunikation zwischen den Endgeräten durchführbar. Ist das Analogfunknetz in Simplex-Technik aufgebaut, kommunizieren die Teilnehmer direkt miteinander ohne den Einsatz einer übergeordneten Infrastruktur. Eine ausgesendete Meldung wird von allen Fahrzeugen in Reichweite empfangen ohne gezieltes Ansprechen eines einzelnen. Das bedeutet auch, dass ein Teilnehmer, der sich zu weit entfernt, die Meldungen nicht mehr hören

kann. In diesem Fall kann lediglich an die Zentrale gemeldet werden, welche dann die Meldung innerhalb der gesamten Funkzelle verbreitet. Bei der Semiduplex-Technik hingegen kann die Kommunikation zwischen den Teilnehmern über Repeater erfolgen. Die einzelnen Repeater des Gesamtnetzes sind untereinander vernetzt. Sie empfangen die Signale der Endgeräte und geben sie an die angeschlossenen Repeater weiter, welche diese innerhalb ihrer Funkzelle an die Endgeräte verbreiten. Da die Repeater die ausgesendete Meldung im gesamten Versorgungsgebiet weitertragen, wird hierdurch dieses für weitere Kommunikationen belegt. In beiden Verkehrsarten erfolgt die Kommunikation in Form von Wechselsprechen, d. h. Sprechen und Zuhören. Das in der Telefonie übliche Gegensprechen ist nicht möglich [KAITEC 2009].

Mobilfunk

Im Gegensatz zum Analogfunk, bei dem der Betriebsdienst sein eigenes System aufbaut, ist der Mobilfunk ein kommerzieller Dienst, der von verschiedenen Netzbetreibern angeboten wird. Es ist für den Betriebsdienst kein Aufbau einer Netzstruktur nötig, dafür sind die Gespräche kostenpflichtig. Wie bekannt erfolgt der Kommunikationsaufbau im Mobilfunk durch Anwählen eines konkreten Teilnehmers. Mit Mobilfunk kann der Nutzer des Betriebsdienstes auch andere Mobilfunknutzer und nicht nur solche seines Betriebs sowie Festnetztelefone im In- und Ausland ansprechen. Im Mobilfunk sind Sprach- und Datenübertragung möglich.

Gegenwärtig stehen den Mobilfunknutzern verschiedene Netzstandards und Übertragungstechniken zur Verfügung. Der älteste gegenwärtig verfügbare Netzstandard, das GSM-Netz, eignet sich aufgrund der langsameren Übertragungsgeschwindigkeit in seiner Basisversion prinzipiell besonders zum normalen Telefonieren [BÖBS 2010]. Mit den Übertragungsverfahren GPRS und EDGE, welche im GSM-Netz verwendbar sind, sowie dem neueren UMTS-Netz sind höhere Geschwindigkeiten realisierbar. Das GSM-Netz ist in Deutschland nach Angaben der Anbieter nahezu flächendeckend ausgebaut. Das UMTS-Netz, welches mit der Übertragungstechnik HSPDA genutzt werden kann, ist ge-

genwärtig besonders in Ballungsräumen verfügbar und befindet sich im Ausbau.

Ein erheblicher Sprung in den Übertragungsgeschwindigkeiten bietet die Nutzung eines Netzes nach LTE-Standard. Dieses Netz eignet sich besonders für drahtlose Breitbandanwendungen [BNA 2011]. Gegenwärtig steht LTE noch nicht zur Verfügung, lediglich an wenigen Orten hat der Ausbau begonnen. Die Mobilfunkanbieter werden diesen jedoch schnell vorantreiben. Die Bundesnetzagentur hat die Versteigerung der Frequenzen, welche für LTE verwendet werden, mit der Bedingung verknüpft, dass neunzig Prozent der bisher unterversorgten Gebiete in Deutschland bis 2016 anschnelle Breitband-Internet angeschlossen werden können [EHNINGER 2011].

Tabelle 1 zeigt eine Übersicht der verschiedenen Techniken mit den jeweils erreichbaren Übertragungsgeschwindigkeiten.

2.1.2 Automatisierte Einsatzdatenerfassung (AEDE)

Funktionsweise

Ziel einer automatisierten Einsatzdatenerfassung ist die Optimierung der Betriebskostenrechnung durch eine objektive automatisierte Datenerfassung. So ist es dem Straßenbetriebsdienst im Winterdienst wie auch im Sommerdienst möglich, detailliert Statistiken und Auswertungen zu erstellen, um zum einen die Einsätze effektiver und effizienter zu gestalten und zum anderen eine exakte leistungsorientierte Abrechnung zu machen – auch für immer öfter zum Einsatz kommende Dritt- und Fremdunternehmer. Außerdem bietet eine automatisierte Einsatzdatenerfassung eine Reihe weiterer Vorteile, wie gerichtsfeste Einsatznachweise, transparente Leistungsnachweise, Ermittlung innerbetrieblicher Kennzahlen und eine hieraus resultierende Planungs- und Kostensicherheit, Entlastung der Fahrer im Winterdienst bei gleichzeitigem Sicherheitsgewinn, Erhöhung der Qualität der Dokumentation etc. Die bislang erfolgte Einsatzprotokollierung in Form von Handaufschrieben kann so ersetzt werden.

GSM basic	GSM GPRS	GSM EDGE	UMTS	UMTS HSPDA	LTE	LTE advanced
9,6 kbit/s	115 kbit/s	260 kbit/s uplink; 220 kbit/s downlink	384 kbit/s	3,5 Mbit/s uplink; 7,2 Mbit/s downlink	75 – 300 Mbit/s	bis zu 1 Gbit/s

Tab. 1: Übersicht der Mobilfunktechnologien

Eine AEDE ist eine positionsgebundene Erfassung von fahrzeuggebundenen Einsätzen. Bei den zu erfassenden Daten muss unterschieden werden zwischen Stammdaten, die vor Beginn des Einsatzes erfasst werden und sich nicht oder nur selten verändern, und Einsatzdaten, die während der Einsatzfahrt laufend erfasst werden. Die Stammdaten können hierbei im System gespeichert sein, sodass der Fahrer am Einsatzbeginn diese Daten nur abrufen, bestätigen und ggf. Änderungen eintragen muss. Als Stammdaten kommen das Amt/Niederlassung, Einsatzstelle/Meisterei/Stützpunkt, Fahrzeug mit Nummer und Kennzeichen, Mitarbeiterkennung, Gerät (Streuer, Pflug, Besen, Mähgerät etc.), Einsatzbezirk (Nummer der Route nach Einsatzplan bzw. Sondereinsatz, Kontrollfahrt, Kilometerstand bei Abfahrt, Datum und Systemzeit etc. in Frage. Während des Einsatzes werden beispielsweise im Winterdienst folgende Daten automatisch aufgezeichnet: zurückgelegter Weg in Kilometer seit Einsatzbeginn, Uhrzeit, Streudaten (Art, Streuen ja oder nein, Streubreite, Streudichte, Streurichtung (symmetrisch oder asymmetrisch), Pflugstellung, Seitenpflug, Besenstellung, Temperatur etc.

Aus der fortlaufenden Positionsbestimmung und der gleichzeitig erfassten Zeit lassen sich Fahrtrichtung und -geschwindigkeit ableiten [VKS 2001].

Wesentliche Komponenten einer automatisierten Einsatzdatenerfassung sind (s. Bild 2):

- Sensoren
Zum Erfassen der definierten Parameter wie Pflugstellung, Streubreite, Streumenge, Mähprozess, verbrauchte Betriebsstoffe etc. werden Sensoren eingesetzt.
- Satelliten-Empfänger
Zum Bestimmen der genauen Position werden Satelliten-Empfänger, beispielsweise GPS-Empfänger, verwendet. Über den – nach Möglichkeit – in der Fahrzeugachse (Mitte des Fahrzeuges) angebrachten Satelliten-Empfänger wird ständig die genaue Position des Fahrzeuges ermittelt. Eine Genauigkeit von einigen Metern kann hierbei erreicht werden. Durch Korrekturdaten ist es möglich, diese zu verbessern (s. Kapitel 5.1). Jedoch ist bei unterbrochener Sichtbeziehung zu den Satelliten, beispielswei-

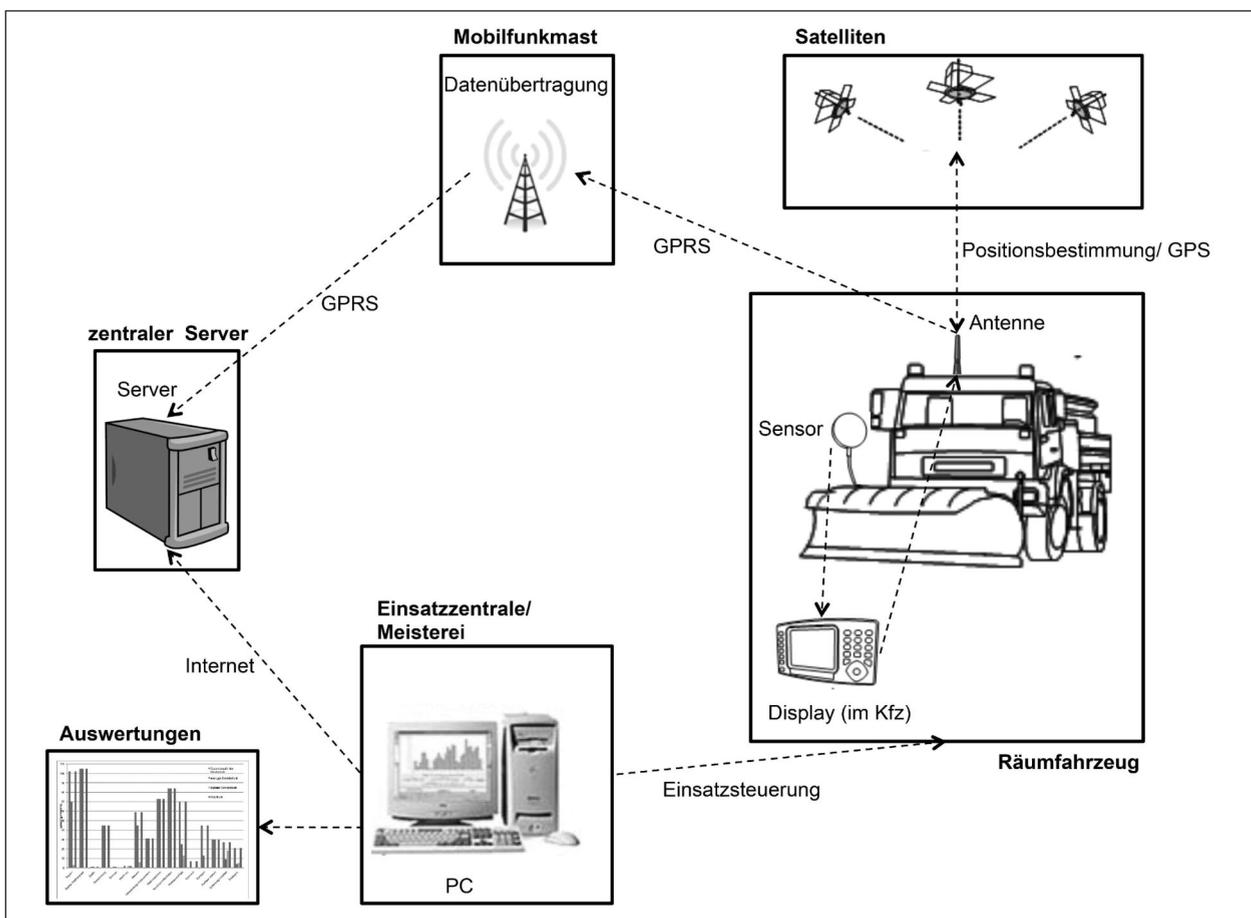


Bild 2: Möglicher Datenfluss der AEDE

se in Tunneln, unter Brücken oder auch bei hoher, eng angrenzender Bebauung, keine Ortsbestimmung möglich.

- **Bediengerät im Fahrzeug**
Hierauf werden die gerade erfassten Parameter auf einem Display angezeigt. Über das Bediengerät ist das An- und Abschalten der Erfassung möglich, auch eine manuelle Eingabe von Daten ist vorhanden. Das Bediengerät enthält eine Speicherkarte für die Zwischenspeicherung der aufgezeichneten Daten.
- **Übertragungstechnologie in ein System**
Über Mobilfunk (GPRS) oder Betriebsfunk, WLAN am Gehöft oder manuelles Auslesen der Speicherkarte ist die Datenübergabe in ein zentrales System auf einen Server der Straßenbauverwaltung oder des Anbieters oder direkt in die Meisterei möglich.
- **System zum Speichern und Verarbeiten der Rohdaten**
Dies ist die Schnittstelle zwischen Datenerfassung und Steuerung. Das System zur Steuerung und Auswertung kann anbieterunabhängig gewählt werden. Alle Anbieter offerieren jedoch Systeme zur weiteren Verarbeitung der Daten. In den Systemen kann Kartenmaterial für Grafische Informationssysteme (GIS) hinterlegt werden. Es können Auswertungen oder Abfragen, Streuberichte, Einsatzprotokolle etc. generiert werden. Des Weiteren sind Datenschnittstellen für den Datenübertrag in weiter verarbeitende Systeme integriert.

Nutzung und Auswertung der Daten

Sind die Rohdaten nach Einsatzende im System verfügbar, können verschiedene Auswertungen wie beispielsweise Streuberichte, Einsatznachweise, verbrauchte Betriebsstoffe etc. generiert werden. Die meisten Anbieter haben Tools für statistische Auswertungen, Abfragen etc. bereits in ihre Produkte integriert. Es können aber auch unabhängige Programme anderer Hersteller benutzt werden. Ebenfalls meist vorhanden sind Möglichkeiten zur Archivierung der Daten. Weiterhin ist eine Qualitätskontrolle mit den gewonnenen Daten möglich. Art, Anzahl, Layout etc. möglicher Auswertungen und Berichte hängen von den verschiedenen Anbietern ab und variieren etwas. Individuelle Wünsche einzelner Straßenbauverwaltungen für spezifische Auswertungen lassen sich vielfach realisieren.

Ebenfalls im System hinterlegt ist digitales Kartenmaterial, worauf Einsätze auch in Echtzeit mit verfolgt werden können. Für Schulungszwecke können abgeschlossene Einsätze animiert dargestellt werden.

Über standardisierte Datenschnittstellen können die Daten in weitere verarbeitende Systeme übergeben werden. Zur Anwendung kommen hier zurzeit Lohnabrechnungssoftware, Abrechnung von Leistungen Dritt- und Fremdunternehmen (hauptsächlich im Winterdienst), Kosten- und Leistungsrechnungssoftware etc. Auch die Zuordnung der Strecken zu den verschiedenen Baulastträgern im Winterdienst ist möglich, sodass beispielsweise bei Ortsdurchfahrten die Kosten genau mit dem entsprechenden Baulastträger verrechnet werden können.

Ein Problem im Sommerdienst ist jedoch noch, dass die erledigten Arbeiten nicht immer einer Position im Bundesleistungsheft entsprechen. Rüst- und Ladezeiten etc. müssen zwar erledigt werden, können aber von der AEDE nicht automatisch erfasst werden. Ebenfalls sind Auswertungen im Sommerdienst beispielsweise bei Mäharbeiten eher kritisch zu sehen. Die ermittelten Kennzahlen berücksichtigen nicht die Bedingungen vor Ort und lassen auch keine Rückschlüsse auf die Qualität zu.

Weitergehende Anwendungen

Auf die Bedieneinheit der AEDE im Fahrzeug können Textmeldungen geschickt werden, die beispielsweise einen Einsatzbefehl, Einsatzrouten, Tourenänderungen o. Ä. enthalten. Wenn das Gerät nicht fest im Fahrzeug installiert ist, lassen sich mit mobilen Endgeräten auch Bestandsdaten aufnehmen und in Datenbanken übertragen. Vielfach können mit einer integrierten Kamera digitale Bilder von Schadstellen etc. aufgenommen werden, um beispielsweise einen exakten Auftrag für die Behebung des Schadens zu erstellen.

2.1.3 Wetter- und Straßenzustandsinformationen

Straßenzustands- und Wetterinformationssysteme

Gemäß DIN EN 15518-1 sind „Straßenzustands- und Wetterinformationssysteme (SWIS) ... komplexe Strukturen, die als Entscheidungshilfe für den

Straßenbetriebsdienst eingesetzt werden und in der Regel folgende Komponenten aufweisen: meteorologische Sensoren und Instrumente, Übertragungstechnologie, Computersysteme für die Verarbeitung, Darstellung und Speicherung von Informationen, Straßenzustands- und Wettervorhersagen, Warnungen in Beziehung zu Verkehrssteuerungs-

und Verkehrsinformationssystemen und weiteren“ [DIN 2011a]. Zu den empfohlenen Vorhersageprodukten gibt DIN EN 15518-2 [2011b] konkrete Hinweise (s. Tabelle 2).

Der Deutsche Wetterdienst (DWD) hat zusammen mit den Straßenbauverwaltungen der Länder

Vorhersageprodukte	Frequenz	Auflösung	Inhalt
langfristige Vorhersage vom 4. bis zum 7. Tag	einmal täglich ohne Korrektur	<ul style="list-style-type: none"> · Tage; · Regionen von etwa 100 km x 100 km 	Aussagen zur allgemeinen Wetterentwicklung für die Tages- und Nachtstunden
mittelfristige Vorhersage bis zum 3. Tag	zweimal täglich	<ul style="list-style-type: none"> · Tage; · Regionen von etwa 100 km x 100 km 	<ul style="list-style-type: none"> · Aussagen zur allgemeinen Wetterentwicklung für die Tages- und Nachtstunden; · spezielle Aussagen zu Straßenwetterparametern wie: <ul style="list-style-type: none"> - allgemeiner Wetterablauf, - niedrigste Lufttemperatur, - niedrigste Fahrbahntemperatur, - Zeit für Nulldurchgang, - Wahrscheinlichkeit und Zeit von Niederschlag oder Ablagerung auf der Fahrbahn, - Windrichtung- und -geschwindigkeit, - Windböen, - Schneetreiben, - Wahrscheinlichkeit eines Ereignisses
kurzfristige Vorhersage für 24 h in Tabellenform	zweimal täglich, falls notwendig mit Korrekturen ¹	<ul style="list-style-type: none"> · in Intervallen von 3 h bis 4 h; · für kleine Gebiete mit klimatologisch ähnlichen Eigenschaften; · für jeweils 200 m bis 400 m Höhenstufen 	<ul style="list-style-type: none"> · Lufttemperatur, · Fahrbahnoberflächentemperatur, · Bedeckungsgrad, · Niederschlag, · Windrichtung- und -geschwindigkeit, · Fahrbahnzustand für verschiedene Streckentypen im Vorhersagegebiet (Autobahnen, Nebenstrecken, Brücken, Schattenstrecken, Stadtbereich)
Radarbilder und Extrapolation für die nächsten zwei Stunden	alle 5 min bis 15 min	Kartendarstellung, ein Pixel für höchstens 2 km x 2 km Fläche	<ul style="list-style-type: none"> · aktuelle Bilder für die letzten 2 h · Zwei-Stunden-Extrapolation der aktuellen Niederschlagsgebiete, · Unterscheidung zwischen flüssigem und festem Niederschlag
Warnungen	sobald als möglich vor dem Ereignis	Gebiet in Abhängigkeit vom Ereignis	Beschreibung von Ereignissen welche die Straßenoberflächen beeinflussen: <ul style="list-style-type: none"> · gefrorener Regen, · reichlich Schnee/Regen, · hohe Windgeschwindigkeiten, · beeinflusstes Gebiet und voraussichtliche Dauer
Konsultation mit Vorhersageanbieter	auf Anforderung	auf Anforderung	auf Anforderung
Satellitenbilder ²	mindestens 30 min	abhängig von Lage des Satelliten	sichtbare und infrarote Bilder
¹ Die 24-h-Vorhersage muss korrigiert werden, wenn signifikante neue Entwicklungen in folgenden Parametern auftreten: <ul style="list-style-type: none"> · Niederschlag, · Frost ja/nein, · Straßenglätte, · Zeitverschiebung von mehr als 3 h, · Neuschneemenge von mehr als 5 cm ² Satellitenbilder sind nicht Teil der Wettervorhersagemittel, sie können aber als eine ergänzende Information genutzt werden			

Tab. 2: Wettervorhersageprodukte nach DIN EN 15518-2 [DIN 2011b]

SWIS entwickelt, das diese kostenfrei und die Kommunen gegen Entgelt nutzen können. 2010 wurde das System neu gestaltet, dabei sind die verfügbaren Dienste weitestgehend gleich geblieben und es wurde vor allem die Anwenderfreundlichkeit erhöht.

Die Standardnutzung des SWIS erfolgt über die geschlossene Benutzergruppe (GBG). Mit Hilfe entsprechender Zugangsdaten erhalten die Meistereimitarbeiter Zugriff auf das rein Internet-basierte System, dessen Benutzung ohne weitere Installation möglich ist. Somit können die Dienste des SWIS beispielsweise von den Meistereimitarbeitern in Bereitschaft auch zu Hause eingesehen werden. Ein Merkmal der GBG ist die Möglichkeit, Favoriten nutzerspezifisch einzustellen. Damit kann die Startseite so voreingestellt werden, dass sie beim Öffnen sofort in der gewünschten Form dargestellt wird. Diese Favoriten sind am Server des DWD und nicht am Nutzer-PC gespeichert, weshalb die Einstellung an jedem PC sichtbar wird. Durch die Möglichkeit der individuellen Bildanpassung ist die Nutzung gegebenenfalls auch über Mobiltelefone möglich.

Die Vergabe von Zugängen ist in den Bundesländern verschieden geregelt. Es kann eine Meisterei jedem Mitarbeiter einen eigenen Zugang einrichten oder alle Meistereimitglieder verwenden denselben Zugang. Der DWD sieht außerdem einen Administrator unter den Nutzern vor. Dieser kann das Datenangebot im SWIS an die Nutzer anpassen, d. h. das passende Einzugsgebiet voreingestellt eingrenzen. Der DWD gibt hierzu ebenfalls bereits eine geeignete Auswahl vor, welche jedoch nicht bindend ist. Ob der Administrator ein Mitarbeiter der Meisterei ist oder innerhalb der höheren Ebene für die Verwaltung der Zugänge mehrerer Meistereien verantwortlich ist, wird ebenfalls in den Ländern unterschiedlich gehandhabt. Um die richtige Anwendung und Interpretation der Meldungen den Nutzern nahezubringen, bietet der DWD Schulungen zur Nutzung der geschlossenen Benutzergruppe an. Außerdem gibt es Schulungen zum Thema Wetter und dem Verständnis von Radarbildern etc.

Die GBG bietet den Nutzern Einsicht in aktuelle Messwerte sowie verschiedene Vorhersagedienste:

- Messwerte
 - GMA-Daten
Angezeigt werden die aktuellen Messwerte aller voreingestellten GMA in Tabellenform.
 - SYNOP-Daten¹
Die Daten der Wetterbeobachtung werden nach dem SYNOP-Code tabellarisch dargestellt.
 - Radarbild
Für die Radarbilder werden alle fünf Minuten ein Niederschlagsscan der unteren Messschicht und alle 15 Minuten ein dreidimensionaler Scan durchgeführt. Außerdem sind Radarbilder verfügbar, die zwischen Regen und Schneefall unterscheiden.
 - Satellitenbild
Die Satellitenbilder zur Bewölkungseinschätzung werden alle 15 Minuten aktualisiert.
- Vorhersagen
 - GMA-Vorhersage
Die Entwicklung der Messwerte einer einzelnen GMA wird in Tabellenform, grafischer Aufbereitung oder als Film dargestellt. Der Film bietet einen Rückblick von einer Stunde und eine Prognose für die nächsten sieben Stunden (diese wird stündlich neu berechnet).
 - SYNOP-Vorhersage
 - Radarvorhersage
Ein Radarfilm bietet einen Rückblick von einer Stunde und eine Prognose für die folgenden zwei Stunden.
 - Allgemeine Straßenwettervorhersage
Die allgemeine Straßenwettervorhersage ist ein Bericht in Textform, welcher wahlweise auf ein Bundesland oder ganz Deutschland bezogen ist und einen Vorhersagehorizont von vier Tagen umfasst (vgl. Bild 3).
 - Detaillierte Straßenwettervorhersage
Der Bericht der detaillierten Vorhersage behandelt die verschiedenen Höhenlagen separat, abgestuft in 200 Höhenmeterbereiche, und umfasst einen Vorhersagehorizont von drei Tagen.

¹ SYNOP bedeutet synoptische Observation, also Wetterbeobachtung. Mithilfe des SYNOP-Codes werden Wettermeldungen durch einen Zahlenschlüssel standardisiert.

VHDL20 DWEH 190400
 Deutscher Wetterdienst
 Allgemeine Straßenwettervorhersage für Nordrhein-Westfalen,
 ausgegeben von der Regionalzentrale Essen
 am Donnerstag, 19.08.10, 06:45 Uhr

Schlagzelle für die nächsten 24 Stunden:
 Heute meist freundlich, nach Norden vereinzelt Schauer, 19 bis
 23 Grad.

Wetter- und Warnlage für die nächsten 24 Stunden:
 Heute fließt mit einer Westströmung noch relativ kühle
 Meeresluft nach Nordrhein-Westfalen. Ab Freitag dreht dann die
 Strömung auf Südwest und damit wird, vor allem am Wochenende,
 vorübergehend sehr warme Luft nach NRW geführt.

Heute und am Freitag sind keine warnrelevanten
 Wettererscheinungen zu erwarten.

Vorhersage:
 Heute vormittag ist es teils heiter, teils auch stärker bewölkt
 aber allgemein trocken. Am Mittag und Nachmittag bilden sich
 wieder dichtere Quellwolken. Vor allem in der Nordhälfte von
 NRW fallen nochmals vereinzelt schwache Schauer. Die Temperatur
 steigt auf 19 bis 23, auf den Höhen des Sauer- und Siegerlandes
 auf 16 Grad. Der Wind weht schwach bis mäßig aus West bis
 Südwest.
 In der Nacht zum Freitag ist es wolkig, teils auch nur leicht
 bewölkt und niederschlagsfrei. Die Temperatur sinkt auf 14 bis



Bild 3: Allgemeine Straßenwettervorhersage [ENDRULAT 2010]

- zukünftig
 Darstellung der Wahrscheinlichkeit für
 Regen und Schnee für die nächsten zwei
 Tage (NinJo-Karten)

Des Weiteren bietet die GBG eine veränderbare
 Kartenansicht. Die hinterlegte Deutschlandkarte
 verfügt über eine Zoomfunktion, außerdem können
 verschiedene Orientierungsmerkmale (Straßen,
 Höhenlinien etc.) je nach Nutzerwunsch zugeschal-
 tet werden. Die Höhe der Null-Grad-Grenze lässt
 sich ebenfalls in der Kartenansicht darstellen
 (s. Bild 4).

Die Eingangsdaten für die verschiedenen Meldun-
 gen gewinnt der DWD aus den eigenen Beobach-
 tungen des Wettergeschehens sowie dem interna-
 tionalen Datenaustausch nach den Standards der
 World Meteorological Organization (WMO). Mit die-
 sen Daten werden in den sieben Regionalzentren
 des DWD mit geeigneten Wettermodellen Werte
 zur generellen Wetterlage für über 4.000 Raster-
 punkte in Deutschland errechnet. Diese allge-
 meinen Wetterdaten bilden die Basis für spezielle Lei-
 stungen, wie die Straßenwetterinformationen. Mit
 den Modellen werden über Energiebilanzrechnun-
 gen die zu erwartende Straßentemperatur und der
 Straßenzustand vorhergesagt. Die meteorologi-
 schen Messdaten der GMA fließen ebenfalls in die
 Berechnungen ein. Gefrierpunkt und Restsalzge-

halt werden nicht benötigt. Die GMA-Daten werden
 besonders als Startdaten für Prognosen verwendet.
 Für die Qualität der Wetterprognosen haben sie
 eine geringere Bedeutung als die verwendeten
 Wettermodelle. Eine sehr große Zahl an Einzeldaten
 ist für die erstellten Wetterprognosen nicht er-
 forderlich, bedeutsamer ist eine Präzisierung der
 Wettermodelle und der Rechenalgorithmen.

Neben dem Zugriff über die geschlossene Benut-
 zerguppe überträgt der DWD Daten des SWIS an
 die Nutzer auch per Fax, E-Mail, SMS oder über
 das Intranet des Landes, sofern dies gewünscht ist.
 Über einen SMS-Dienst können gestaffelte Wetter-
 warnungen ausgegeben werden. Als zusätzlichen
 Dienst bietet der DWD beispielsweise einen tele-
 fonischen Beratungsservice, der den Nutzern 24
 Stunden am Tag zur Verfügung steht. Dort kann Un-
 terstützung bei der Interpretation von Vorhersagen
 oder ähnliche Beratung eingeholt werden.

Vorgänger der seit 2010 verfügbaren GBG ist das
 Informationssystem JavaMap, das jedoch durch
 den DWD nicht mehr weiterentwickelt wird. Java-
 Map bietet eine ähnliche Funktionalität wie die
 GBG. JavaMap ist auf den DWD-Servern über das
 Internet verfügbar oder es kann über einen verwal-
 tungseigenen Server betrieben werden, sodass der
 Anwender keinen Internetzugang benötigt. Java-
 Map kann weiterhin genutzt werden, allerdings wird

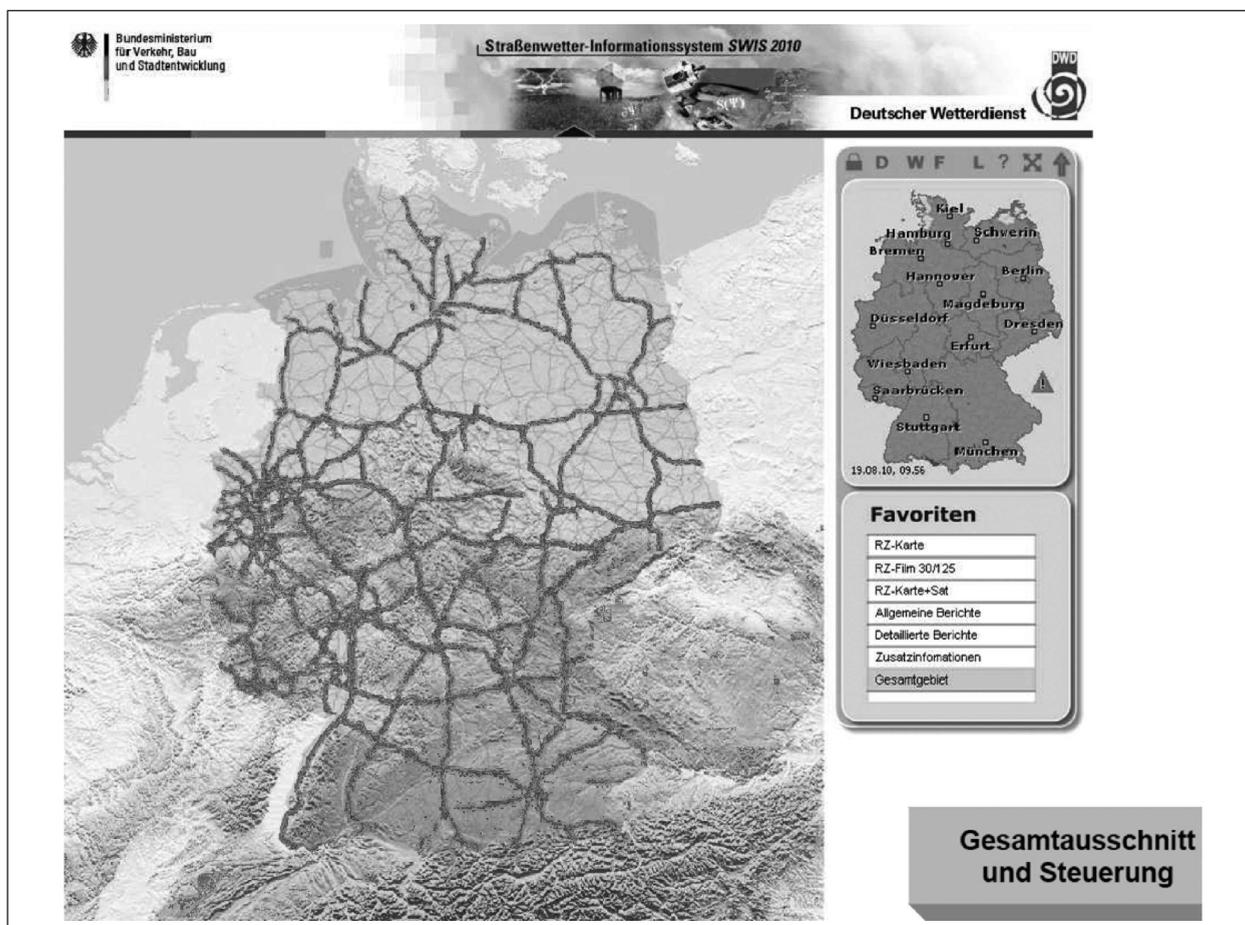


Bild 4: Kartenansicht und Steuerungsmodul im SWIS des DWD [ENDRULAT 2010]

es vom DWD nicht weiter vermarktet, weshalb es dafür beispielsweise keine Schulungen mehr gibt.

Straßenwetterinformationssysteme stehen auch von verschiedenen kommerziellen Anbietern zur Verfügung. Diese sind je nach Kundenausrichtung gegebenenfalls auch in der Lage, die Darstellung von Meldungen und Prognosen sehr speziell an die Kundenwünsche anzupassen. Die erzeugten Meldungen solcher Systeme beruhen zum einen auf den Meistereien eigenen Messstellen und ggf. auf weiteren meteorologischen Rohdaten aus Wetterbeobachtungen des DWD, die vom Systemanbieter bezogen und in eigener Weise aufbereitet werden. Der DWD gibt Rohdaten der Wettermessungen kostenfrei aus, lediglich aufbereitete Daten sind wie erwähnt ggf. kostenpflichtig.

Glättemeldeanlagen (GMA)

Glättemeldeanlagen sind Messstationen, welche stationär an einer Straße, häufig in besonders kritischen oder repräsentativen Streckenabschnitten, installiert werden. Sie erfassen punktuell aktuelle

Fahrbahn- und Witterungsdaten, aus denen sich die Entwicklung des Fahrbahnzustandes in den nächsten Stunden mit Hilfe von Trendprognosen und Basisdaten der Messstelle vorhersagen lässt. Glättemeldeanlagen unterliegen bezüglich der Datenkommunikation den Technischen Lieferbedingungen für Streckenstationen (TLS) [BMVBW 2002]. Diese verfolgen vor allem das Ziel, Geräte unterschiedlicher Hersteller kompatibel zu machen sowie einheitliche Qualität und Leistungsfähigkeit sicherzustellen. DIN EN 15518-3 [2011c] regelt Anforderungen an Sensoren unter Umfeldbedingungen an und auf Straßen in Bezug auf die Art der erhobenen Parameter und deren Genauigkeit. Die Erfassungsparameter werden in Parameter der „empfohlenen Basisausstattung (B)“ und Parameter für „spezielle Anwendungen (O)“ eingeteilt und sind nachfolgend dargestellt [DIN 2011c]:

- Fahrbahnoberflächentemperatur (B),
- Fahrbahnzustand (B),
(trocken, feucht, nass, fließendes Wasser, glatt),

- Wasserfilmdicke
- Gefriertemperatur
- Temperatur des Straßenkörpers
- Lufttemperatur
- relative Luftfeuchte
- Taupunkttemperatur
- Niederschlagserkennungszeit
- Niederschlagsart (fest, flüssig)
- Niederschlagsintensität
- Schneehöhe (neben der Fahrbahn)
- Schneehöhe (auf der Fahrbahnoberfläche)
- Windgeschwindigkeit
- Windspitze
- Windrichtung
- Sichtweite

(O), wenden die GMA je nach Typ verschiedene Verfahren an: Bei aktiven Sensoren wird die Messeinheit abgekühlt und es wird die Temperatur bestimmt, bei der der Wasser- bzw. Lösungsfilm auf dem Sensor gefriert. Bei passiven Sensoren wird die Gefriertemperatur aus der elektrischen Leitfähigkeit des Wasserfilms abgeleitet, die mit dem Restsalzgehalt korreliert.

(B),

(O),

(B),

(B),

(B),

(O),

(B),

(O),

(O),

(O),

(O),

(O),

(O),

(O),

(O),

(O),

Seit 2003 ist zur Untersuchung der Qualität von Umfeldmessungen das Testfeld Eching Ost an der BAB 92 eingerichtet. Hier haben verschiedene Hersteller Erfassungssensoren installiert, um diese unter realen Bedingungen zu testen. Betreut durch die Technische Universität München (TUM) werden die Messergebnisse der Anlagen ausgewertet und die Qualität der Sensoren bewertet. Die Ergebnisse sind den Berichten „Umfelddatenerfassung in Streckenbeeinflussungsanlagen Testfeld ‘Eching Ost’ des Bundes“ [BUSCH et al. 2009], welche jeweils einen definierten Beobachtungszeitraum auswerten, zu entnehmen. Demnach sind die Sensoren verschiedener Hersteller insgesamt weitgehend gleichermaßen für die Erfassung von Umfelddaten geeignet, wobei zugleich bei allen Sensoren noch

Die einzelnen Werte werden mit verschiedenen Messinstrumenten erfasst. Um die für den Winterdienst so wichtige Gefriertemperatur zu bestimmen,

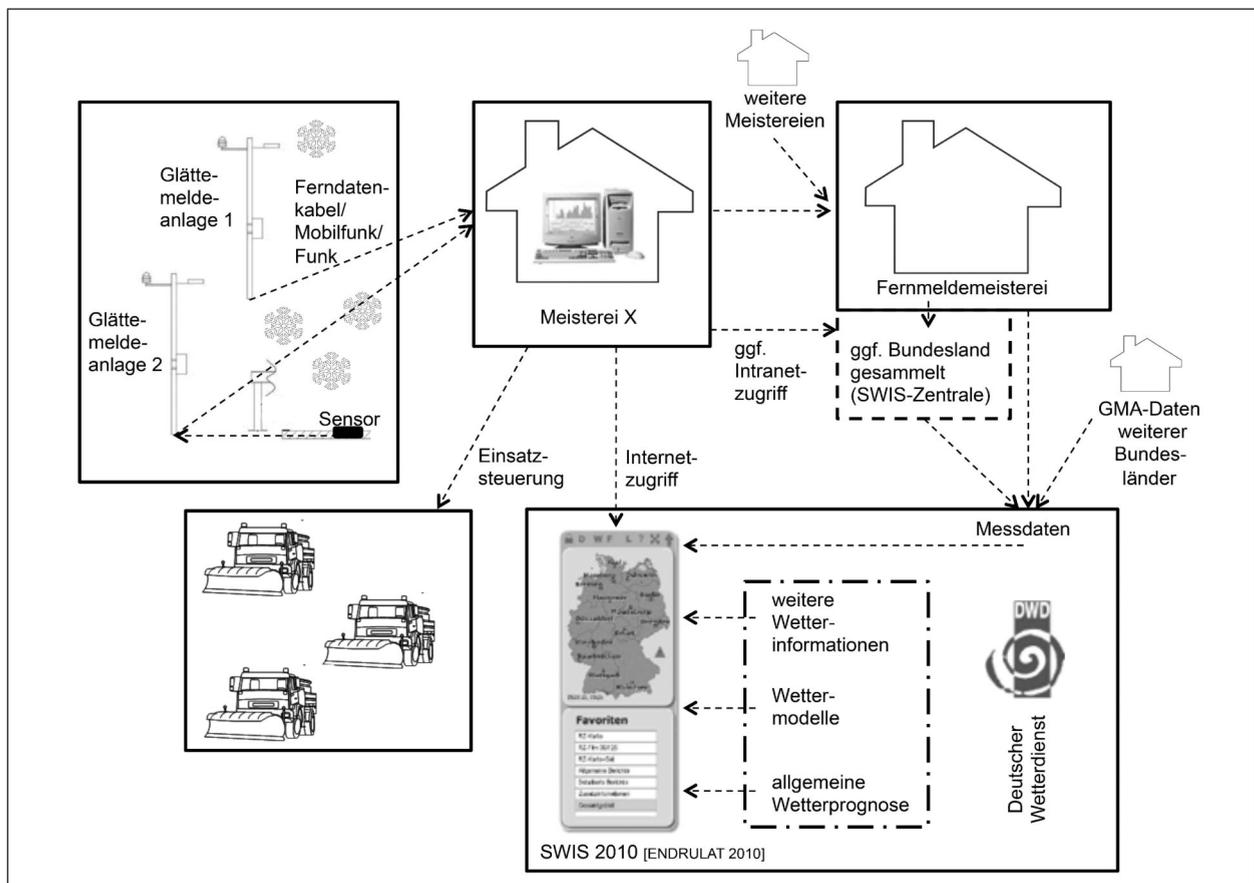


Bild 5: Datenübertragung der GMA-Messwerte

gewisser Verbesserungsbedarf gesehen wird, weshalb das Testfeld weiterhin in Betrieb ist.

Die Übertragung der Messdaten erfolgt an Autobahnen über Datenkabel. Im nachgeordneten Netz sind häufig Funk, GSM und UMTS im Einsatz. Die GMA-Daten werden unmittelbar an die Meistereien übertragen und können dort mit entsprechender Software direkt eingesehen werden. Außerdem werden die Daten dem DWD zur Verfügung gestellt. Ggf. können sie auch über das Intranet der Länder eingesehen werden. Bild 5 zeigt die Datenübertragungswege.

Streckenbeeinflussungsanlagen (SBA) erheben ebenfalls einen Teil der Messgrößen von Glättelmeulanlagen für witterungsgestützte Schaltungen. Das Gesamtsystem umfasst Wechselverkehrszeichen, Erfassungsgeräte zur Verkehrsdatenerfassung, Messsensoren zur Umfelderkennung sowie Komponenten zur Datenübertragung und -verarbeitung. Schaltungen aufgrund von Nässe (Fahrbahnässe und Niederschlag) oder aufgrund von Nebel erfolgen in den SBA im Automatikbetrieb. Zudem sind manuelle Schaltungen z. B. zur Glättewarnung möglich. In den Hinweisen zur Erfassung und Nutzung von Umfelddaten in Streckenbeeinflussungsanlagen [FGSV 2010b] sind die benötigten Mess-

werte für Streckenbeeinflussungsanlagen und deren geforderte Genauigkeit geregelt.

2.1.4 Bestandsdatenmanagement

Zentrales Element des Bestandsdatenmanagements ist eine Straßeninformationsbank (SIB). Die Zielsetzung der SIB wird in der „Anweisung Straßeninformationsbank“ (ASB) wie folgt beschrieben: „Die Straßeninformationsbank soll das zentrale Werkzeug der Straßenbauverwaltung sein, das die vielfältigen Informationen hinsichtlich der Infrastruktur Straße verwaltet und den Mitarbeitern der Straßenverwaltungen für die Erledigung ihrer täglichen Aufgaben zur Verfügung steht“ [BMVBS 2009c].

Die Einbindung der SIB in die Prozesse der Straßenbauverwaltung ist in Bild 6 dargestellt, aus dem sich auch erkennen lässt, wie umfangreich eine SIB sein muss, um allen an sie gestellten Anforderungen gerecht zu werden [SCHÄFER 2011].

Das vorhandene Straßennetz und die dazugehörige Infrastruktur im Zuständigkeitsgebiet einer Meisterei sind nach einem einheitlichen Ordnungssystem gemäß ASB in einer SIB zu erfassen und zu verwalten [SCHÄFER 2011]. Die aktuelle ASB aus dem Jahre 2009 besteht aus drei Teilsystemen:

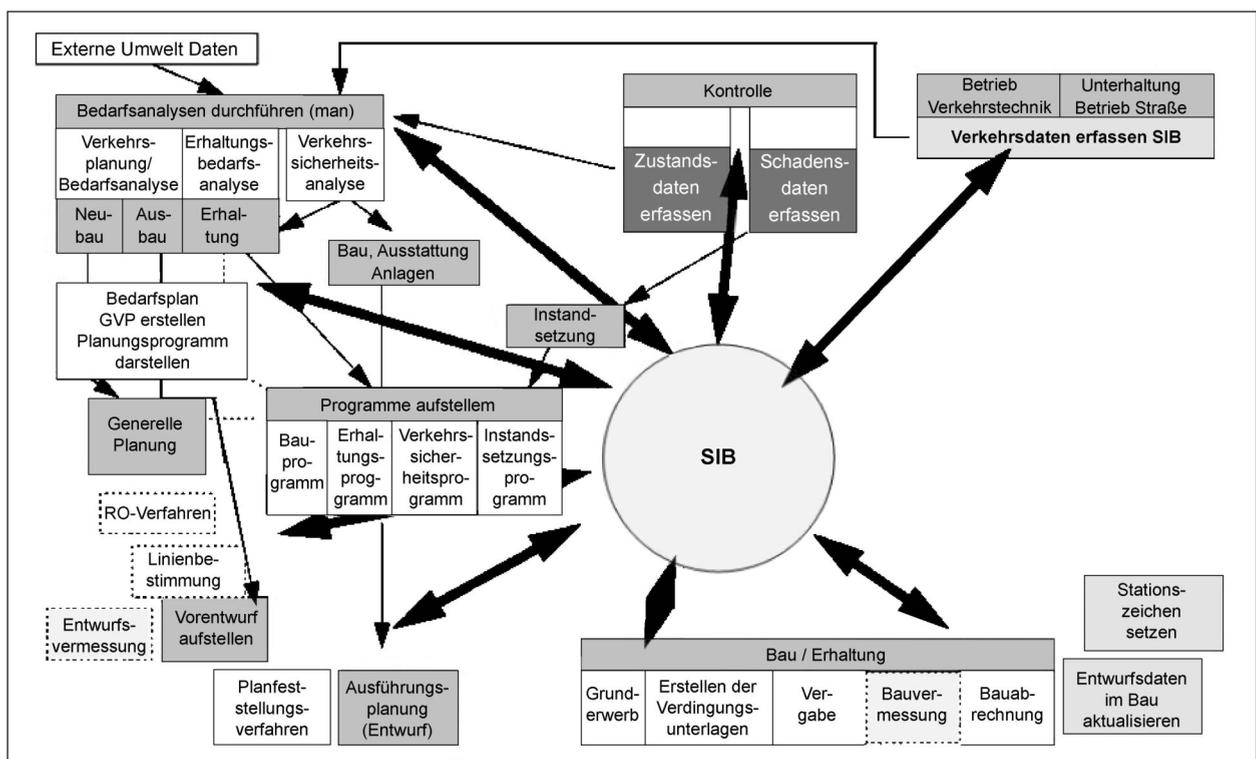


Bild 6: Einbindung der SIB in die Prozesse der Straßenbaubehörden [BMVBS 2009b]

Analog zum Teilsystem Netzdaten werden alle Objekte mit folgenden Attributen versehen [BMVBS 2009c]:

- Erfassungsdatum,
- Systemdatum,
- Gültigkeitsdatum,
- Stand,
- Bemerkung,
- Fotodokument,
- Objektnummer,
- Art der Erfassung,
- Quelle der Information.

Es ist zu beachten, dass es länderspezifische Besonderheiten gibt, sodass Objekte zwar ASB-konform modelliert, aber je nach Bundesland mehr oder weniger detailliert ausgeführt werden [SCHÄFER 2011]. Die Richtlinie zur Erhebung des Anlagenbestandes der Bundesfernstraßen [BMVBS 2009a] enthält Hinweise zu den Mindestanforderungen der zu erfassenden Attribute. Die Aufnahme einzelner Bereiche kann sukzessive durch entsprechende an das ASB-Netz angegliederte Fachinformationssysteme erfolgen. Über eine automatisch oder manuell vergebene eindeutige Objektnummer kann eine Referenz zu einem Fachinformationssystem hergestellt werden.

Umsetzung in der Praxis

Zur Datenverwaltung sind EDV-gestützte Datenbanksysteme auf dem Markt. Diese verarbeiten vermessungstechnische Daten nach dem objektorientierten Prinzip gemäß der Anweisung Straßeninformationsbank (ASB) und unterstützen in der Regel die in Tabelle 3 dargestellten Objektklassen. Die Verarbeitung der Bestandsdaten ermöglicht neben der tabellarischen Darstellung eine Visualisierung in Form von verschiedenen thematischen Karten. Darüber hinaus lassen sich Berichte erstellen sowie Fotos in das System integrieren [NOVASIB 2010], [Lehmann + Partner 2010]. Die Datenerfassung kann sowohl manuell mit Erfassungsbögen als auch über mobile Endgeräte erfolgen.

2.2 Einsatzumfang von IuK-Technologien in Deutschland

2.2.1 Daten- und Informationsgrundlagen

Um einen bundesweiten Überblick über die im Einsatz befindlichen Techniken und Technologien zu bekommen, wurde ein Fragebogen entworfen. Schwerpunkt des Fragebogens ist der quantitative Ist-Zustand differenziert nach Bundesländern. Inhaltlich ist der Fragebogen in die Themenpunkte Sprachkommunikation, automatisierte Einsatzdatenerfassung, Straßenwetterinformationssysteme, Glättemeldeanlagen, Kosten- und Leistungsrechnung sowie weitere Informationssysteme unterteilt.

Verkehrliche Anlagen	Straßenausstattung	Entwässerungsanlagen	Grünflächen
Kreisverkehr	Schutzplanke und Brüstung für Fahrzeuge	Durchlässe	Grasflächen
Verkehrinseln/Querungshilfen	Schutzwand	Wasserleitungsstrecken	Gehölzflächen
Rad- und Gehwege	Schilderstrecke, wegweisende Beschilderung	Rinnen	Einzelbaumstrecke
Haltebuchten	Schilderstrecken Verkehrszeichen	Bordsteine	Kompensationsflächen
Rastanlagen	Wildschutz- und Amphibien-schutzzäune	Gräben und Mulden	
Bauwerke	Straßenausstattung, punktuell	Entwässerungsleitungen	
Sonstige Konstruktionen	Straßenausstattung, streckenbezogen	Rigolen	
Steinschlaggefährdete Hänge	Leitpfostenstrecken	Schachtstrecken	
Befestigte Mittel- und Trennstreifen	Schneezeichenstrecken	Straßenablaufstrecken	
	Beleuchtungsstrecken	Vorschalteneinrichtungen	
	Stationierungszeichenstrecken		

Tab. 3: Übersicht der Gruppierungen der Bestandsdaten [BMVBS 2009a]

Der Fragebogen wurde von allen 16 Bundesländern bearbeitet und ausgefüllt. Der Stichtag der Angaben ist der 01.01.2010. Die jeweiligen Angaben der einzelnen Fragebögen beziehen sich immer auf das ganze Bundesland.

Ergänzt wird die quantitative Erfassung im Fragebogen durch Interviews mit ausgewählten Anwendern in den Straßenbauverwaltungen von Baden-Württemberg, Hamburg, Nordrhein-Westfalen und Thüringen sowie bei den privaten Dienstleistern Thüringer Straßenwartungs- und Instandhaltungsgesellschaft mbH (TSI) und Via Solutions Thüringen GmbH & Co KG; die Interviewpartner sind im Literaturverzeichnis zusammengestellt. Die TSI verfügt in Thüringen über 16 Straßenmeistereien für den Betriebsdienst auf den Bundes- und Landesstraßen; die Konzessionsgesellschaft Via Solutions führt im Rahmen eines A-Modells den Betriebsdienst auf einem ca. 45 km langen Abschnitt der BAB 4 bei Eisenach durch. Die Interviews sind zwar nicht repräsentativ, zeigen aber weitere Aspekte zum Einsatz der LuK-Technologien in der Praxis auf.

2.2.2 Sprachkommunikation

Alle Bundesländer außer Saarland und Hamburg verwenden analogen Betriebsfunk.

Außer in Bremen wird in allen Bundesländern auch der Mobilfunk eingesetzt, wobei dieser in der Regel ergänzend zum Analogfunk zum Einsatz kommt (s. Bild 8). Allerdings wird in 124 der insgesamt 703 erfassten Meistereien bereits ausschließlich Mobilfunk eingesetzt (s. Bild 9).

Über digitalen Betriebsfunk verfügten zum Stichtag der Erhebung insgesamt 47 Meistereien in sechs

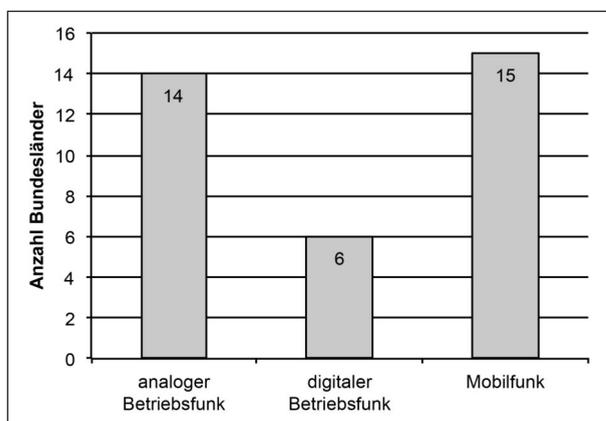


Bild 8: Einsatz von analogem und digitalem Betriebsfunk sowie Mobilfunk in den einzelnen Bundesländern (Mehrfachnennungen möglich)

Bundesländern, dies entspricht knapp 7 % aller Meistereien. Nur Hamburg und Thüringen haben ihre Autobahnmeistereien bereits vollständig auf digitalen Betriebsfunk umgestellt, während er sich in den anderen vier Bundesländern noch in der Erprobungs- bzw. Einführungsphase befindet (s. Bild 10).

Die Betreiber der Mobilfunknetze sind in der Regel die Unternehmen Vodafone und T-Mobile, wie Bild 11 erkennen lässt. In Hessen und in Sachsen werden beide Mobilfunknetze genutzt. Nur in Bayern ist mit der British Telekom ein anderer Mobilfunkbetreiber unter Vertrag.

Wenn auch noch analoger Betriebsfunk verfügbar ist, steht der Mobilfunk nicht immer allen Fahrzeug- bzw. Mitarbeitergruppen zur Verfügung. In 12 Bundesländern verfügen die Meistereileitung und in elf Bundesländern die Streckenwartung über Mobilfunk. In neun Bundesländern sind die Kolonnenfahrzeuge, in sieben Bundesländern sind auch die Lkw und Geräteträger mit Mobilfunk ausgestattet. Zusätzlich wurden folgende Angaben zur Ausstattung einzelner Personengruppen mit Mobilfunk gemacht:

- Berlin: jedes Arbeitsteam,
- Hamburg: jeder Straßenwärter,
- Mecklenburg-Vorpommern: involvierte technische Angestellte,
- Niedersachsen: Unfall- und Notfallbereitschaft,
- Rheinland-Pfalz: Mannschaftswagen,
- Sachsen-Anhalt: Bereitschaftsdienst.

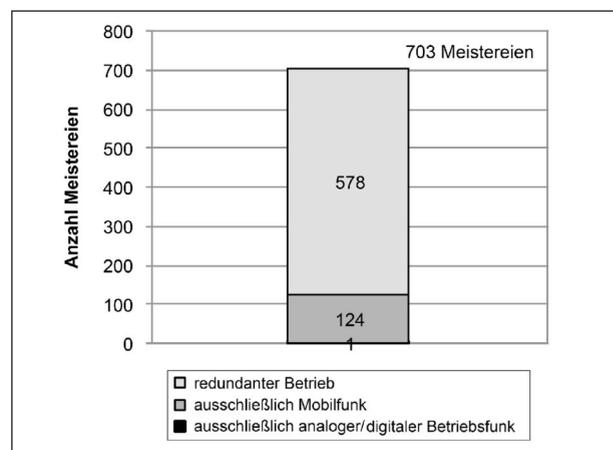


Bild 9: Anzahl der in der Erhebung angegebenen Meistereien, die mit redundanten Systemen (Betriebsfunk und Mobilfunk) oder ausschließlich mit einem System ausgerüstet sind

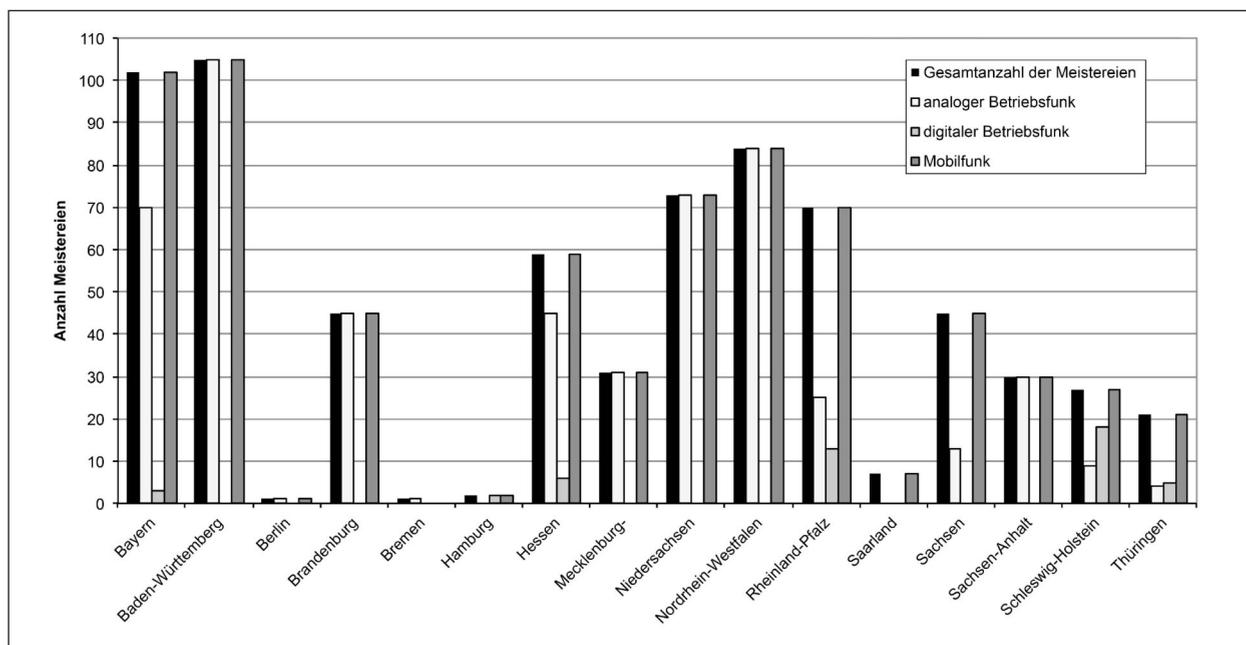


Bild 10: Ausrüstung der Meistereien mit Sprachkommunikation je Bundesland

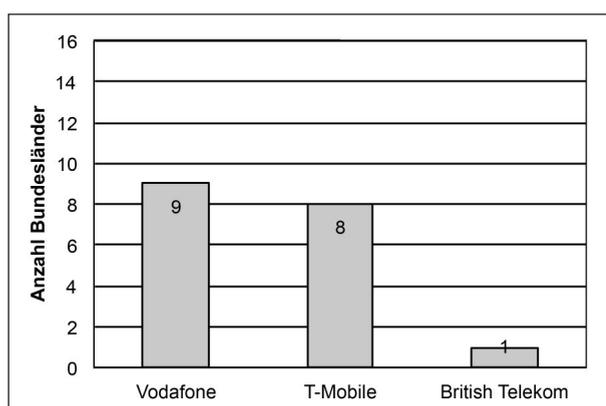


Bild 11: Anzahl der Bundesländer nach Mobilfunkbetreibern (Mehrfachnennungen möglich)

Weitere Kommunikationsgeräte, wie Pager, iPhones etc. werden nach Angaben in der Erhebung derzeit nicht eingesetzt.

Die private TSI in Thüringen nutzt für die Sprachkommunikation ausschließlich das Mobilfunknetz des Netzbetreibers Vodafone und hat hierfür jeden Mitarbeiter mit einem Handy ausgestattet. Die Netzqualität ist ausreichend, es gibt nur in sehr wenigen Abschnitten keinen Netzempfang. Probleme mit der zeitlichen Verfügbarkeit sind nicht bekannt. Durch die Konzessionsgesellschaft Via Solutions werden ebenfalls alle Mitarbeiter mit Mobilfunkgeräten ausgestattet. Netzbetreiber ist Vodafone, auch hier gab es bisher bei Staus und anderen besonderen Situationen keine Probleme mit der Verfügbarkeit des Funknetzes. Nur an zwei Stellen gibt

es kleine Funklöcher, wo kein Empfang möglich ist, was aber in der Praxis des Betriebsdienstes nicht relevant ist. Ergänzend wird für die Kommunikation zwischen den Fahrzeugen, z. B. bei Räumstaffeln im Winterdienst, CB-Funk eingesetzt.

Zusammenfassend wird deutlich, dass die Autobahn- und Straßenmeistereien in Deutschland neben dem analogen Betriebsfunk in der Regel auch mit Mobilfunk ausgestattet sind, wobei dieser zum Teil nicht für alle Fahrzeuge bzw. Mitarbeiter verfügbar ist. Die ergänzenden Befragungen haben gezeigt, dass der Mobilfunk auch häufig genutzt wird, allerdings werden – auch durch die privaten Betreiber, die ausschließlich Mobilfunk einsetzen – die beim Betriebsfunk verfügbaren Funktionen Gruppenruf und Mithören vermisst. Weiterhin wird die mangelnde Robustheit der Mobilfunkgeräte für den Einsatz im Straßenbetriebsdienst bemängelt.

Die Erfahrungen der befragten Anwender mit dem Mobilfunk hinsichtlich Netzabdeckung und Netzqualität sind in der Regel positiv. Es wird jedoch von kleineren Versorgungslücken im Grenzgebiet zu angrenzenden Nachbarstaaten berichtet, die jedoch nach Meinung der Meistereileiter tolerierbar sind. Allerdings gibt es aus der Vergangenheit auch Berichte, dass bei besonderen Ereignissen, wie lang anhaltenden Staus, Großveranstaltungen etc., die Netzkapazität nicht immer ausreichend war und somit keine unmittelbare Kommunikation über Mobilfunk möglich war. Quantitative Angaben, wie häu-

fig und in welchem Umfang das Netz nicht verfügbar ist, liegen jedoch nicht vor.

Die Netzabdeckung des analogen Funks wird ähnlich wie die des Mobilfunks bewertet. Bis auf einzelne Funklöcher bei bewegter Topografie ist eine ausreichende Netzabdeckung vorhanden. Erfahrungen mit dem digitalen Betriebsfunk liegen aus Hamburg vor, wo dieser seit Mitte 2008 eingesetzt wird: Im Vergleich zum analogen Funk ist die Sprachqualität besser. Einzelne Gesprächsteilnehmer können direkt angewählt werden, aber es ist auch möglich, Gruppenrufe durchzuführen. Insgesamt wird der digitale Betriebsfunk in Hamburg positiv bewertet. Aus den anderen Bundesländern liegen zurzeit noch keine qualitativen Erfahrungen zum digitalen Betriebsfunk vor.

Die Qualität der vier Mobilfunknetze in Deutschland wurde im Jahr 2010 auch von unabhängigen Testern gemessen, indem eine Vielzahl von Sprachverbindungen zwischen Mobiltelefonen in Messfahrzeugen automatisch aufgebaut und analysiert wurden. Hierbei waren die Messfahrzeuge sowohl auf innerstädtischen Straßen als auch auf Landstraßen und Autobahnen in Ballungsgebieten und in ländlichen Regionen unterwegs.

Der Test zeigt, dass in städtischen Gebieten je nach Mobilfunkbetreiber zwischen 96 und 99 % aller Gespräche erfolgreich durchgeführt wurden, d. h., dass eine Verbindung aufgebaut und über die gesamte Dauer aufrechterhalten werden konnte. In

den ländlichen Gebieten ist diese Erfolgsrate mit 91 bis 96 % etwas geringer. Auch die Sprachqualität ist in den städtischen Gebieten höher als in den ländlichen Regionen: In den städtischen Gebieten wurde für 5 bis 11 % der Verbindungen eine mangelhafte Sprachqualität gemessen, in den ländlichen Gebieten waren hingegen 11 bis 18 % aller Verbindungen nicht einwandfrei [THEISS 2010].

2.2.3 Automatisierte Einsatzdatenerfassung (AEDE)

Nur in Bayern und Hessen sind am Stichtag alle Autobahn- und Straßenmeistereien mit der AEDE ausgerüstet. In Mecklenburg-Vorpommern verfügen nur die Straßenmeistereien über die AEDE, in Sachsen sind 60 % aller Meistereien ausgestattet. In Thüringen ist die AEDE in allen privatisierten Straßenmeistereien im Einsatz. In Baden-Württemberg verfügen nur die Straßenmeistereien in zwei Kreisen über die AEDE. In Niedersachsen wurde in einem Pilotversuch eine Meisterei mit der AEDE ausgestattet. Zum Stichtag der Erhebung waren in Deutschland insgesamt 239 Meistereien mit einer automatisierten Einsatzdatenerfassung ausgestattet (s. Bild 12).

Die meisten Bundesländer, die noch keine AEDE im Einsatz haben, planen jedoch in den nächsten drei Jahren die Einführung oder einen Test. Eine Ausnahme bilden die beiden Stadtstaaten Hamburg und Berlin, die keine Einführung in naher Zukunft

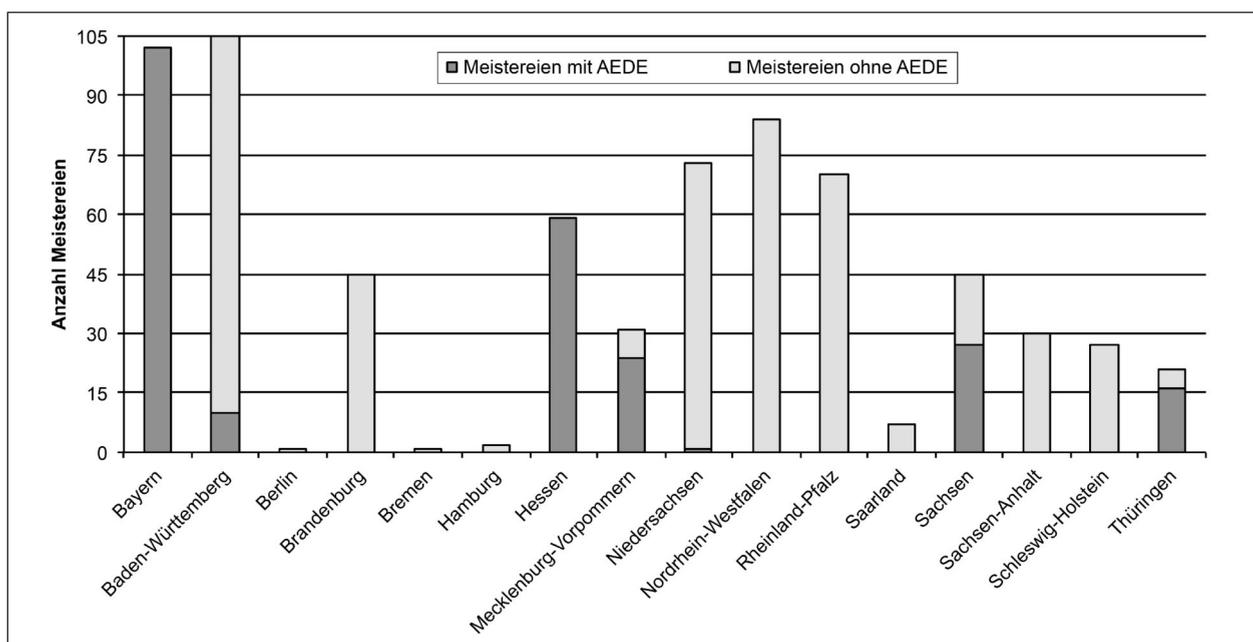


Bild 12: Anzahl der Meistereien mit und ohne automatisierte Einsatzdatenerfassung (AEDE) nach Bundesländern

	Bayern	Baden-Württemberg	Berlin	Brandenburg	Bremen	Hamburg	Hessen	Mecklenburg-Vorpommern	Niedersachsen	Nordrhein-Westfalen	Rheinland-Pfalz	Saarland	Sachsen	Sachsen-Anhalt	Schleswig-Holstein	Thüringen
Gesamtanzahl an Meistereien	102	105	1	45	1	2	59	31	73	84	70	7	45	29	26	21
Meistereien mit AEDE	102	10	0	0	0	0	59	24	1	1	0	0	27	0	0	16
Meistereien ohne AEDE	0	95	1	45	1	2	0	7	72	83	70	7	18	29	26	5
zum Stichtag im Einsatz	Ja	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja	Ja	Nein	Nein	Ja	Nein	Nein	Ja
Sommerdienst (S)/ Winterdienst (W)	W	W	-	-	-	-	W	W	W	S/W	-	-	S/W	-	-	W
geplant in den nächsten 3 Jahre	-	Ja	Nein	Ja	Ja	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Nein
im Sommerdienst (S)/ Winterdienst (W)	-	W	-	S/W	W	-	-	W	S/W	S/W	S/W	S/W	S/W	S/W	S/W	-

Tab. 4: Anzahl der Meistereien mit und ohne AEDE nach Bundesländern und geplanter Einsatz in den nächsten drei Jahren, differenziert nach Winter- und Sommerdienst

planen. Auch in Thüringen ist für die Autobahnmeistereien keine AEDE vorgesehen.

Tabelle 4 beinhaltet im Einzelnen, welche Bundesländer wie viele Meistereien mit einer AEDE ausgestattet haben bzw. in naher Zukunft ausstatten wollen und für welche Einsatzbereiche die AEDE genutzt wird bzw. werden soll. Derzeit ist die AEDE überwiegend im Winterdienst im Einsatz, wobei neben den verwaltungseigenen Fahrzeugen auch die Fahrzeuge der Fremdundernehmer ausgerüstet sind. Nur in Sachsen werden auch Sommerdienstarbeiten, wie Mäharbeiten, Kehren und Leitpostenreinigung, erfasst. Neben dem Winterdienst sollen zukünftig in vielen Bundesländern zusätzlich Sommerdienstarbeiten mit der AEDE dokumentiert werden, wobei vielfach auch die Streckenkontrolle einbezogen werden soll.

In den sieben Bundesländern, in denen Meistereien bereits mit einer AEDE ausgestattet sind, werden die Einsatzdaten im Winterdienst für den Einsatznachweis, die Abrechnung der Fremdundernehmer und statistische Zwecke verwendet. Zum Teil werden die Daten auch unmittelbar für die Kosten- und Leistungsrechnung sowie die Qualitätskontrolle der Winterdienstarbeiten verwendet. In Sachsen wird die AEDE darüber hinaus auch für die Dokumentation der erfassten Sommerdienstarbeiten und der Streckenkontrolle genutzt.

In Niedersachsen und Thüringen werden die Einsatzdaten online übertragen, in Bayern erfolgt dies

derzeit als Pilotversuch. Ansonsten werden die Einsatzdaten mit Speicherkarten, lokalen Netzwerken (WLAN) oder ebenfalls per GPRS, jedoch absichtlich zeitverzögert an die Meisterei übertragen, um keine Online-Verfolgung zu ermöglichen.

Nur in Bayern, Sachsen und Thüringen werden die Einsatzdaten automatisiert an andere EDV-Systeme übergeben. In den anderen Bundesländern erfolgt dies teilautomatisiert oder manuell per Hand.

Die privaten Betreiber TSI und Via Solutions setzen ebenfalls die AEDE ein. Schwerpunkt ist die von der Thüringischen Straßenbauverwaltung geforderte Generierung von Berichten und Einsatznachweisen im Winterdienst. Die mögliche Online-Verfolgung der Einsätze wird durch die TSI in der Praxis nicht genutzt, da in der Regel fest vorgegebene Routen betreut werden. Während die TSI die Informationen aus der AEDE für die interne Steuerung nicht weiter verwendet, werden durch die Via Solutions die Daten auch unternehmensintern verwendet.

Auf Seiten der Anwender wird die AEDE in der Regel positiv bewertet. Vorteile werden vor allem in dem erheblich reduzierten Aufwand für den Einsatznachweis sowie der objektiven und genauen Datenerfassung gesehen. Die Qualität der erfassten Einsatzdaten ist aus Anwendersicht für diese Anforderungen ausreichend. Befürchtungen, dass die automatisiert erfassten Einsatzberichte gegen einen Fahrer verwendet werden können, weil man

ihm z. B. nachweisen kann, dass er zu einer bestimmten Zeit eine glatte Straße nicht geräumt hat, bestehen bei den befragten Anwendern in der Regel nicht.

2.2.4 Informationen zum Straßenwetter

Außer in Berlin werden in allen Bundesländern die SWIS-Vorhersagen des Deutschen Wetterdienstes (DWD) verwendet. Ebenfalls weit verbreitet ist die Nutzung der Wetterwarnungen und des Niederschlagsradars des DWD. Die vom DWD entwickelte Benutzeroberfläche JavaMap wird lediglich in sechs Bundesländern eingesetzt (s. Tabelle 5). Als weitere Informationsquellen werden vielfach Radio und Fernsehen sowie kostenlose Internetwetterdienste herangezogen. In vereinzelt Fällen werden auch Wettermelder (i. d. R. Meistereimitarbei-

ter an ihrem Wohnort) und Webcams eingesetzt. Zum Teil wird auch auf spezifische Straßenwetterprognosen und Satellitenbilder anderer Anbieter zur Wetteranalyse zurückgegriffen, in zwei Bundesländern sind diese kostenpflichtig (s. Bild 13).

TSI und Via Solutions greifen ebenfalls auf die Informationen des DWD zum Straßenwetter zu. Ergänzend werden weitere kostenlose Informationen aus Radio, Fernsehen und Internet verwendet. Durch die TSI werden die SWIS-Berichte nicht nur zur Einsatzsteuerung herangezogen, sondern sie sind auch erforderlich, um die Notwendigkeit eines Winterdiensteseinsatzes gegenüber dem Auftraggeber nachzuweisen.

Die Nutzer der Wetterprognosedaten sind überwiegend Einsatzleiter, die Mitarbeiter in den Winterdienst-/Betriebszentralen sowie die Meistereileiter.

	Bayern	Baden-Württemberg	Berlin	Brandenburg	Bremen	Hamburg	Hessen	Mecklenburg-Vorpommern	Niedersachsen	Nordrhein-Westfalen	Rheinland-Pfalz	Saarland	Sachsen	Sachsen-Anhalt	Schleswig-Holstein	Thüringen
Gesamtanzahl an Meistereien	102	105	1	45	1	2	59	31	73	84	70	7	45	29	26	21
SWIS-Vorhersage	Ja	Ja	Nein	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
JavaMAP	Ja	Ja	Nein	Ja	Nein	Nein	Ja	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein
Wetterwarnung	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Nein	Ja	Ja
Niederschlagsradar	Ja	Ja	Nein	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Nein	Ja	Ja

Tab. 5: Nutzung der DWD-Produkte in den Bundesländern

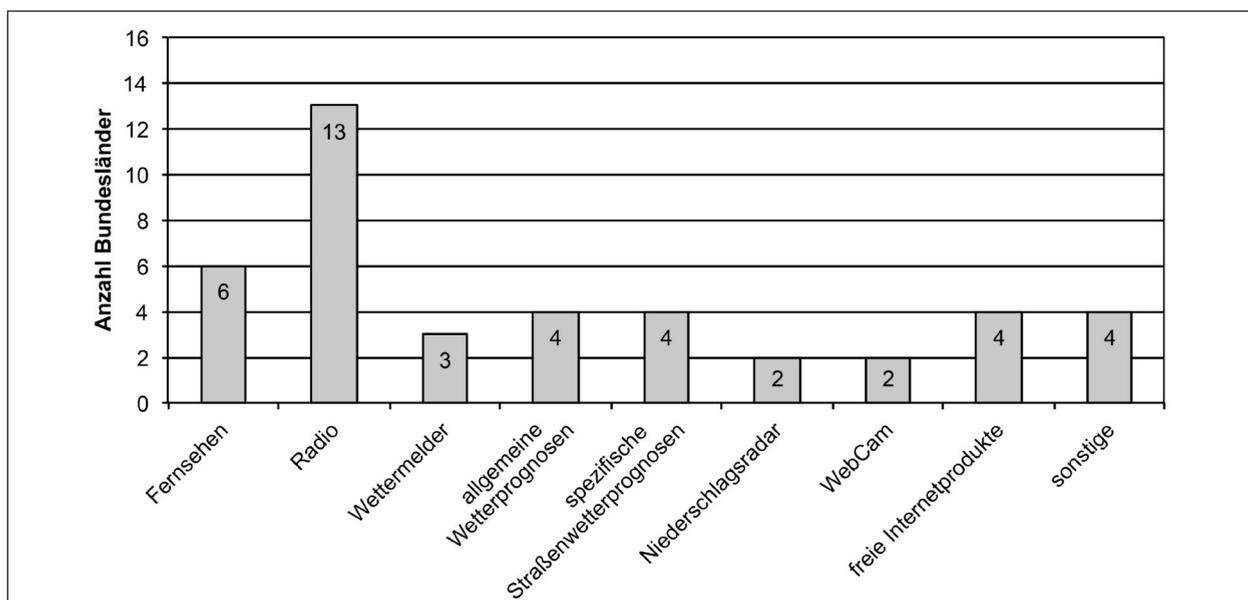


Bild 13: Weitere Informationsquellen der Wetterinformationen

In ungefähr der Hälfte der Bundesländer haben auch die Straßenwärter auf die Wetterdaten Zugriff.

Bild 14 zeigt, dass die Wetterdaten in erster Linie über Internet und Intranet, aber häufig auch per Fax übertragen werden. Die Nutzung spezifischer Benachrichtigungen über E-Mail und SMS hat dagegen nachrangige Bedeutung.

Die Produkte des Deutschen Wetterdienstes (DWD) sind flächendeckend in Deutschland im Einsatz. Die überwiegende Meinung der befragten Anwender ist, dass die Qualität der vom DWD zur Verfügung gestellten Informationen i. d. R. sehr gut ist. Qualitätsmängel sind nach Ansicht der Befragten auf schwierige geografische und kleinklimatische Lagen zurückzuführen. Abhilfe schafft aus Sicht der Anwender in diesen Fällen das Heranziehen von zusätzlichen Wetterinformationen, wie Rundfunk, TV und Internet. Je nach Region und persönlicher Präferenz der Anwender und Verantwortlichen werden die unterschiedlichsten, kostenlos verfügbaren Quellen genutzt. Nach Einschätzung der Interviewpartner sind diese zusätzlich genutzten Quellen von ausreichend guter Qualität. Eine objektive Bewertung der Datenqualität erfolgte jedoch nicht.

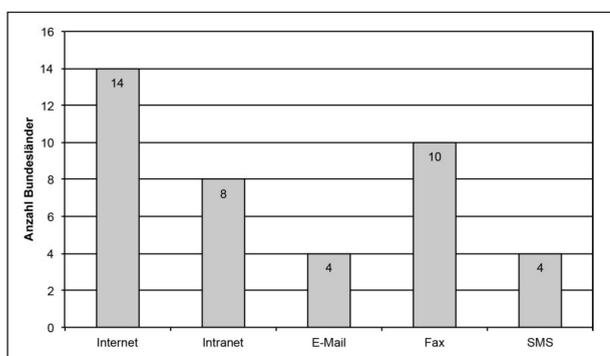


Bild 14: Kommunikationsmittel für die Übertragung von Straßenwetterinformationen in den Bundesländern (Mehrfachnennungen möglich)

Grundsätzlich lässt sich feststellen, dass nicht nur die Genauigkeit der Daten eine Rolle spielt, sondern auch die Interpretierbarkeit durch die Nutzer. Wie in einigen Interviews zu hören war, sind die Mitarbeiter und auch Einsatzleiter oftmals nicht ausreichend gut geschult und mit der Deutung der umfassend vorliegenden Informationen überfordert. Ob dies evtl. auch auf die Nutzung unterschiedlicher Informationsquellen zurückzuführen ist, kann nicht beurteilt werden.

2.2.5 Glättemeldeanlagen (GMA)

In Tabelle 6 ist die Länge des klassifizierten Straßennetzes der Anzahl der in der Erhebung zum Stichtag genannten Glättemeldeanlagen gegenübergestellt. Es wird deutlich, dass die Ausstattung auf den Autobahnen insgesamt recht hoch ist, während sie im nachgeordneten Netz stark abnimmt. Hier sind im Wesentlichen die Bundesstraßen zu nennen, während die Ausstattung von Landes- und Kreisstraßen auf Einzelfälle beschränkt ist.

In Tabelle 7 ist für die Bundesautobahnen die Anzahl der Glättemeldeanlagen bezogen auf die Netzlänge nach Bundesländern aufgeschlüsselt. Man

	Netzlänge Stand 01.2010 ¹⁾ [km]	GMA ²⁾ [Stück]	Netzlänge je GMA [km/GMA]
Bundesautobahnen	12.813	807	16
Bundesstraßen	39.887	193	207
Landesstraßen	86.615	34	2.548
Kreisstraßen	91.654	9	10.184

1) Quelle: [BMVBS 2010a]
2) Angaben sind dem Fragebogen entnommen

Tab. 6: Länge der klassifizierten Straßen und Anzahl der installierten Glättemeldeanlagen (GMA) in Deutschland

	Bayern	Baden-Württemberg	Berlin	Brandenburg	Bremen	Hamburg	Hessen	Mecklenburg-Vorpommern	Niedersachsen	Nordrhein-Westfalen	Rheinland-Pfalz	Saarland	Sachsen	Sachsen-Anhalt	Schleswig-Holstein	Thüringen
Netzlänge Bundesautobahnen [BMVBS 2010] [km]	2.503	1.046	77	795	75	81	972	552	1.431	2.200	872	240	531	407	533	498
GMA ¹⁾ [Stück]	160	48	10	28	4	8	42	32	118	171	61	14	19	19	34	35
km/GMA auf BAB	16	22	8	28	19	10	23	17	12	13	14	17	28	21	16	14

1) Angaben sind dem Fragebogen entnommen

Tab. 7: Glättemeldeanlagen an Bundesautobahnen pro Bundesland

kann daraus erkennen, dass die Dichte der Glättemeldeanlagen in den Stadtstaaten Berlin und Hamburg bundesweit am größten ist. Hier ist statistisch alle acht bzw. zehn Kilometer eine Glättemeldeanlage installiert. Die Bundesländer Brandenburg und Sachsen weisen hingegen mit 28 km BAB je GMA die geringste Ausstattung bezogen auf die Netzlänge auf. Es wird deutlich, dass die Anzahl der Glättemeldeanlagen nur eingeschränkt mit der Netzlänge korreliert, da Anzahl und Standorte der GMA im Wesentlichen durch die lokalen klimatischen Verhältnisse, Strecken- und Netzcharakteristik, Verkehrsverhältnisse und betriebliche Randbedingungen bestimmt werden.

Unterscheiden muss man bei der Datenübertragung der Glättemeldeanlagen. Glättemeldeanlagen, die an Bundesautobahnen installiert sind, übertragen die Daten in der Regel über das an der Autobahn verlegte Datenkabel. Ausnahmen gibt es in Brandenburg, Rheinland-Pfalz und Saarland, wo die Daten einzelner GMA mit Funk übertragen werden. Bei Glättemeldeanlagen im nachgeordneten Netz wird überwiegend Mobilfunk genutzt. Nur in Rheinland-Pfalz wird bei drei Glättemeldeanlagen mit digitalem Betriebsfunk übertragen.

Generell haben die Einsatzleiter, die Meistereileiter und die Mitarbeiter in den Winterdienstzentralen Zugriff auf die Daten der Glättemeldeanlagen. Außer in den Bundesländern Bremen, Brandenburg, Hessen und Rheinland-Pfalz haben auch die Straßenwärter Zugriff auf die Daten der Glättemeldeanlagen.

Der Zugriff auf die Daten der GMA erfolgt vielfach über das Internet oder das Intranet. Nur in Sachsen werden Alarmer zusätzlich per SMS übertragen, in Schleswig-Holstein werden Daten zusätzlich per E-Mail übermittelt.

In allen Bundesländern besteht in jeder Meisterei der Zugriff auf die Daten aller GMA des jeweiligen Bundeslandes. Auch der Via Solutions stehen nicht nur die Daten der vier in ihrem Streckenabschnitt installierten GMA zur Verfügung, sondern sie hat Zugriff auf die Daten aller GMA in Thüringen. In Bayern, Bremen, Hamburg, Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz, Saarland und Sachsen-Anhalt besteht zusätzlich Zugriff auf die Glättemeldeanlagen benachbarter Bundesländer. Bremen hat hierbei Zugriff auf das gesamte Landesnetz von Niedersachsen, Hamburg auf das gesamte Landesnetz von Schleswig-Holstein, in Sachsen-Anhalt

besteht Zugriff auf die Glättemeldeanlagen aller benachbarten Bundesländer und in Rheinland-Pfalz besteht über JavaMap Zugriff auf alle Glättemeldeanlagen bundesweit. Angaben zum Zugriff auf die GMA angrenzender Staaten wurden durch kein Bundesland gemacht. Im Saarland, in Rheinland-Pfalz und in Nordrhein-Westfalen ist jedoch ein Zugriff auf die GMA-Daten der Nachbarstaaten angedacht.

Die Interviews mit den Anwendern machen jedoch deutlich, dass die Nutzung der Daten differiert. Zum Teil ist das Vertrauen in die Richtigkeit der Daten nicht immer vorhanden, da keine eindeutige Verifikation erfolgen kann. Des Weiteren wird bemängelt, dass die Daten nur eine lokale Aufnahme des Straßenzustandes darstellen und somit nicht immer aussagekräftige Informationen über den Straßenzustand längerer Streckenabschnitte oder von Teilsnetzen liefern. Die Daten der GMA werden durch die Anwender in der Praxis überwiegend für den kurzfristigen Einsatzentscheid bzw. die unmittelbare Einsatzsteuerung herangezogen.

2.2.6 Systeme zur wirtschaftlichen Steuerung

Die Personaleinsatzzeiten werden mit Ausnahme von Niedersachsen, wo elektronische Erfassungsgeräte zum Einsatz kommen, in allen Bundesländern manuell mit Arbeitszetteln erfasst. Auch die privaten Betreiber TSI und Via Solutions lassen die Personaleinsatzzeiten manuell erfassen. In sieben Bundesländern erfolgt die Erfassung durch die Mitarbeiter selbst, in neun Bundesländern ist der Vorarbeiter dafür zuständig. Beleglesegeräte zum Erfassen der Arbeitszettel existieren in keinem Bundesland. Leistungsmengen bzw. Aufmäße werden in zwölf Bundesländern erfasst. Bayern, Baden-Württemberg, Hamburg und Sachsen erfassen zum Stichtag keine Leistungsmengen.

In sieben Bundesländern erfolgt eine EDV-gestützte Arbeitsplanung, wobei nur in Bayern diese als Jahres-, Monats-, Wochen- und Tagesplanung durchgeführt wird. Ansonsten erfolgt die Arbeitsplanung häufig nur als Jahres- oder Tagesplanung oder für andere ausgewählte Zeithorizonte. Zwei Bundesländer planen, in den nächsten drei Jahren eine systematische Arbeitsplanung zu implementieren. Insgesamt lässt sich feststellen, dass die EDV-gestützte Arbeitsplanung in der Straßenbauverwaltung in Deutschland noch nicht weit verbreitet ist (s. Bild 15).

Bild 16 zeigt, für welche Zwecke die Daten der Kosten- und Leistungs-Rechnung (KLR) generell verwendet werden. In welcher Form und in welchem Umfang die Daten zur Verfügung stehen und genutzt werden, ist länderspezifisch und kann im Einzelnen nicht beurteilt werden.

Für die verschiedenen Aufgaben der wirtschaftlichen Steuerung kommen unterschiedliche EDV-Systeme zum Einsatz. In Hamburg, Sachsen und Sachsen-Anhalt wird PRO-UI eingesetzt. Brandenburg, Hessen, Nordrhein-Westfalen und Schleswig-Holstein verwenden SAP, wobei für die Erfassung und Arbeitsplanung zum Teil auch andere Programme verwendet werden. Bremen und das Saarland verwenden für alle Aufgaben Kern Activity, in Baden-Württemberg wird LuKAS eingesetzt. Da-

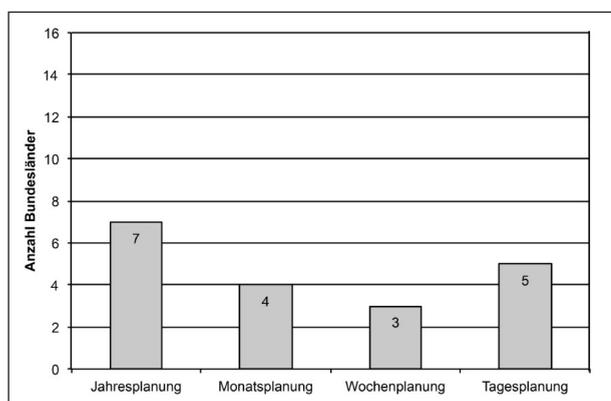


Bild 15: Einsatz einer EDV-unterstützten Arbeitsplanung in den Bundesländern (Mehrfachnennung möglich)

rüber hinaus kommen weitere Produkte und Eigenentwicklungen zum Einsatz. Die privaten Betreiber setzen Programme ein, die ansonsten im Baubereich angewendet werden oder auf Standardsoftware basieren.

In elf Bundesländern wurden Bestandsdaten bereits ganz oder teilweise erfasst. Nur in Bayern, Baden-Württemberg, Berlin und Thüringen waren zum Stichtag keine Bestandsdaten vorhanden, aus Bremen liegt keine Angabe hierzu vor. Fünf Bundesländer nutzen das EDV-System von Öko-Data, in vier Ländern wird die TT-SIB bzw. ein hierauf aufbauendes EDV-System verwendet. Die Erfassung erfolgt in vier Ländern ausschließlich durch externe Dienstleister, in weiteren drei Fällen werden diese durch Meistereipersonal unterstützt und in vier Ländern werden die Daten ausschließlich durch eigenes Meistereipersonal erfasst. Die Datenpflege erfolgt mit Ausnahme von Sachsen, wo ein externer Dienstleister beauftragt ist, ausschließlich durch das eigene Meistereipersonal. In Hessen und Sachsen-Anhalt werden die Daten nur jährlich aktualisiert, während in den anderen Bundesländern die Daten fortlaufend bei Bedarf fortgeschrieben werden.

Die im Rahmen der Erhebung gemachten Angaben zum Einsatz von IuK-Technologien zur wirtschaftlichen Steuerung bestätigen die 2008 veröffentlichten Aussagen zum Stand der Umsetzung der ergebnisorientierten Steuerung des Betriebsdienstes

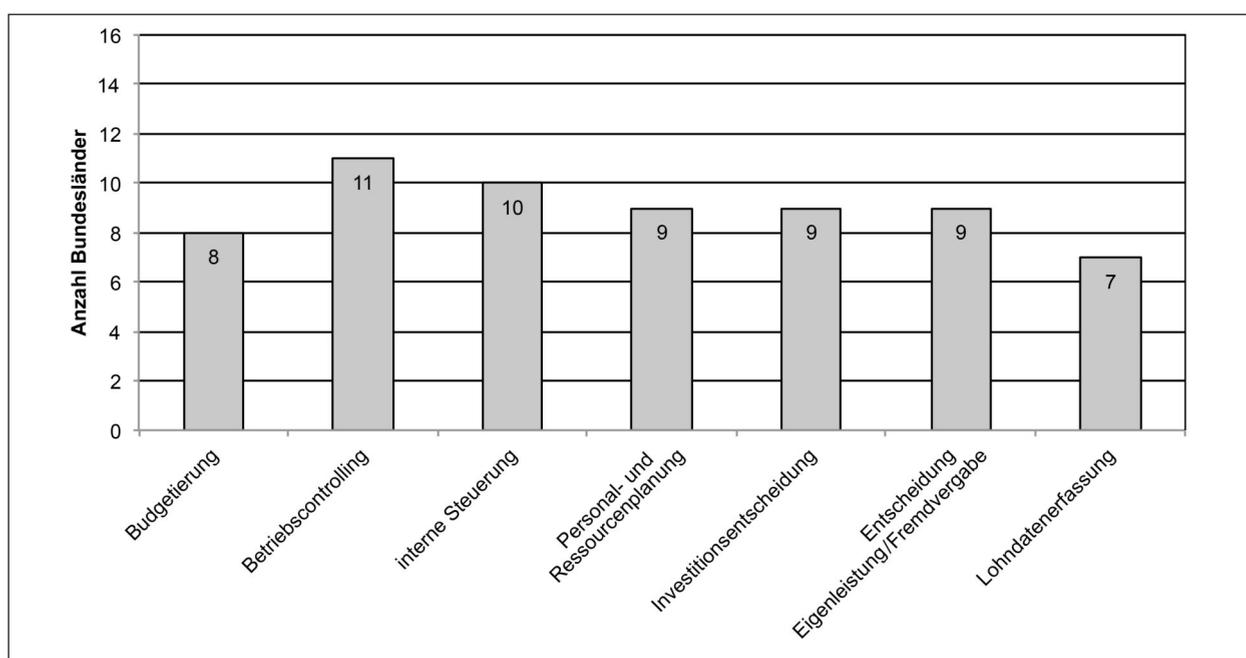


Bild 16: Verwendung der Ergebnisse der KLR in den Bundesländern

in den Ländern weitgehend [PORWOLLIK 2008]. Schwerpunkte sind nach wie vor die Umsetzung der erforderlichen Grundlagen, d. h. die Erfassung und Pflege der Bestandsdaten sowie die Erfassung von Aufwand und Leistungsmengen auf Basis des bundeseinheitlichen Leistungsheftes und die damit verbundene Kosten- und Leistungsrechnung. IuK-Technologien für Arbeitsplanung, Betriebscontrolling und Budgetierung als weitere Schritte der wirtschaftlichen Steuerung werden nach Angaben der Erhebung zwar stärker eingesetzt als noch vor einigen Jahren, allerdings ist hierbei zu berücksichtigen, dass sie zum Teil erst in der Einführung stehen, zum Teil aber auch in sehr unterschiedlicher Komplexität zum Einsatz kommen, sodass pauschale Aussagen hierzu nur eingeschränkt möglich sind.

Generell werden die verschiedenen Instrumente der wirtschaftlichen Steuerung durch die befragten Anwender positiv beurteilt. Allerdings wird zum Teil bemängelt, dass der Aufwand hierfür erheblich ist und zum Teil daraus resultiert, dass die Programme Insellösungen darstellen, sodass es schwierig ist, die Daten in andere Programme zu überführen, was häufig Doppelerfassungen und manuelle Auswertungen zur Folge hat. Auch sind die EDV-Programme nicht immer auf die spezifischen Anforderungen des Betriebsdienstes abgestimmt, da sie für andere Branchen entwickelt wurden.

2.2.7 Weitere Informationssysteme

Die Verbreitung weiterer Informationssysteme in den einzelnen Bundesländern ist in Bild 17 zusammengestellt.

Ein EDV-gestütztes Baumkataster ist nur in Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen, Sachsen

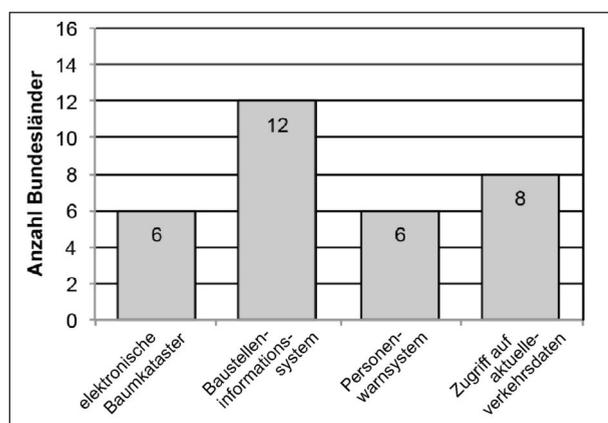


Bild 17: Einsatz weiterer Informationssysteme in den Bundesländern

und Sachsen-Anhalt landesweit implementiert. Nordrhein-Westfalen und Thüringen sind hierbei noch in der Test- und Erprobungsphase.

Baustelleninformationssysteme (BIS) sind in allen Bundesländern außer Bremen, Hamburg, Niedersachsen und Sachsen im Einsatz. Hierbei werden in zehn Bundesländern auch die Arbeitsstellen kürzerer Dauer (AkD) gemeldet. Die Meldungen werden vor allem von den Meistereileitern oder involvierten Mitarbeitern gemacht. In Ausnahmefällen melden auch der Auftragnehmer oder die zuständige Behörde die Arbeitsstellen. Der Meldezeitraum für die AkD ist unterschiedlich; die Spanne geht von zwei Stunden vor Arbeitsbeginn bis über eine Woche im Voraus.

Personenwarnsysteme an Fahrzeugen und Warnleitanhängern zur Steigerung der Arbeitssicherheit, durch die Lkw-Fahrer über CB-Funk auf die unmittelbar folgende Arbeitsstelle hingewiesen werden (s. Kapitel 4.6.1), sind nur in Hessen und in Nordrhein-Westfalen in größerem Umfang im Einsatz. In vier weiteren Bundesländern waren zum Stichtag der Erhebung nur wenige Fahrzeuge bzw. Anhänger ausgerüstet bzw. es liegen keine Angaben zum Umfang der Ausstattung vor. Auf Seiten der befragten Anwender wird Personenwarnsystemen ein sehr hoher Stellenwert beigegeben, da sie insbesondere im Autobahnbereich die Sicherheit des Betriebsdienstpersonals unmittelbar steigern können.

Auf aktuelle Verkehrsdaten haben die Mitarbeiter der Meisterei in acht Bundesländern Zugriff, und zwar überwiegend auf die Daten der Verkehrsbeeinflussungsanlagen an Bundesautobahnen. Aber auch Daten der Dauerzählstellen laufen zum Teil aktuell in den Meistereien auf. Die Daten stehen in Bayern, Baden-Württemberg und Hessen über das Intranet zur Verfügung, in den anderen Bundesländern können sie auf einem separaten Rechner in den Meistereien abgerufen werden. Verfügbare, aktuelle Verkehrsdaten werden in den Meistereien vor allem für die kurzfristige Arbeitsplanung und zum kurzfristigen Auflösen von Arbeitsstellen genutzt.

3 Anforderungen des Straßen - betriebsdienstes an den Einsatz von IuK-Technologien

3.1 Anwendungsunabhängige Anforderungen

3.1.1 Übergeordnete Anforderungen

In vielen Bereichen des Straßenbetriebsdienstes werden IuK-Technologien in Zukunft verstärkt eingesetzt. Unabhängig von den einzelnen Anwendungsbereichen lassen sich übergeordnete Anforderungen formulieren, die beim Einsatz von IuK-Technologien im Straßenbetriebsdienst zu berücksichtigen sind.

Nach Möglichkeit sollten die Arbeitsvorgänge und Geschäftsprozesse in einer Meisterei und den übergeordneten Organisationseinheiten vollständig abgebildet werden. Hierbei ist zu beachten, dass die einzusetzende Technologie an die vorhandenen Arbeitsvorgänge und Geschäftsprozesse angepasst wird. Durch die Anwender sind Arbeitsabläufe und Geschäftsprozesse daher möglichst eindeutig zu strukturieren, die dann mit der einzusetzenden IuK-Technologie effizienter bearbeitet werden können. Daneben ist bei der Systemkonzeption zu berücksichtigen, dass der Einsatz neuer Technologien auch die Anpassung von Arbeitsabläufen und Geschäftsprozessen erforderlich bzw. möglich machen kann. Durch den Einsatz neuer IuK-Technologien werden Arbeitsabläufe und Geschäftsprozesse automatisiert und erfordern somit weniger Kommunikation zwischen den Mitarbeitern im Straßenbetriebsdienst. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass soziale Kontakte und die Kommunikation unter den Mitarbeitern wichtig sind, da diese u. a. den Zusammenhalt und die Zufriedenheit der Mitarbeiter stärken. Neue Technologien sollten deshalb die unmittelbare Kommunikation zwischen den Mitarbeitern nicht unbedingt vollständig ersetzen.

Um Monopolstellungen einzelner Hersteller und Anbieter von IuK-Technologien zu vermeiden und den Wettbewerbsgedanken zu fördern, ist es zweckmäßig, unterschiedliche Hersteller und Anbieter bei der Auswahl einzelner Komponenten zu berücksichtigen. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass der Markt im Bereich des Straßenbetriebsdienstes nur begrenzt ist. Auch hat sich oftmals gezeigt, dass es zur Entwicklung anwenderfreundlicher und anforderungsorientierter Systeme notwendig ist, umfangreiche und langjährige Erfahrungen mit den

spezifischen Aufgaben des Straßenbetriebsdienstes zu haben.

Ziel sollte der möglichst herstellerunabhängige Einsatz der IuK-Komponenten sein, um eine Abhängigkeit von einzelnen Anbietern zu vermeiden. Hierfür bietet sich der modulare Aufbau der IuK-Systeme an, bei dem die einzelnen Komponenten unterschiedlicher Hersteller über definierte Schnittstellen verknüpft sind. Dieser modulare Aufbau wurde durch RUESS/HOLLDORB [2007] u. a. für Entwicklung und Einsatz von Winterdienstmanagementsystemen empfohlen. Möglich ist der modulare Aufbau eines Winterdienstmanagementsystems z. B. in den fünf Ebenen „Datensammlung“, „Datenübertragung“, „Datenarchivierung“, „Datenanalyse“ und „Datenvisualisierung bzw. Dateneingabe“ [HOLLDORB 2006]. Notwendig sind hierfür die Standardisierung und Normung einzelner IuK-Komponenten, z. B. Datenformate oder Übertragungsprotokolle, wie sie z. B. im Rahmen der europäischen Normung durch das Technische Komitee TC 337 des CEN begonnen wurden [NIEBRÜGGE 2007].

Ausschlaggebend für den Einsatz von IuK-Technologien im Straßenbetriebsdienst ist eine positive Nutzen-Kosten-Relation. Hierfür sind alle Kosten unter Berücksichtigung des gesamten Lebenszyklus, d. h. Anschaffungs-, Betriebs-, Wartungs-, Instandhaltungs- und ggf. Übertragungskosten, über den geplanten Einsatzzeitraum zu betrachten. Beim Nutzen ist nicht nur der unmittelbare Vorteil für die Straßenbauverwaltung infolge effizienterer und wirtschaftlicherer Arbeitsprozesse, Materialeinsparungen, Vereinfachungen von Verwaltungsabläufen oder Optimierungen der Einsatzplanung, sondern auch der Nutzen für Verkehrsteilnehmer, Umwelt und Dritte infolge einer verbesserten Aufgabenwahrnehmung des Straßenbetriebsdienstes insgesamt zu berücksichtigen. Nur durch diese Gesamtbewertung, wie sie beispielsweise [RUESS/HOLLDORB 2007] für den Einsatz von IuK-Technologien für den Winterdienst in der Schweiz durchgeführt wurde, kann der Nutzen des Einsatzes der IuK-Technologien für den Straßenbetriebsdienst nachgewiesen werden. Bei der Konzeption des Einsatzes neuer IuK-Technologien sollte zusätzlich geprüft werden, ob und inwieweit bestehende Komponenten und Infrastrukturen weiter verwendet werden können. Als verbindliches Bezugssystem aller orts- und positionsbezogenen Angaben sollte das seit langen Jahren bewährte und deutschlandweit eingeführte Netzknotensystem gemäß ASB herangezogen werden (s. Kapitel 3.4). Alle beispielsweise

se mit GPS-Empfänger erfassten Positionsdaten sollen durch geeignete Umrechnungsverfahren und Algorithmen eindeutig auf eine Station und einen Netzknotenabschnitt referenziert werden.

3.1.2 Geräte für den mobilen Einsatz

In Zukunft werden im Straßenbetriebsdienst zunehmend auch Geräte mobil zum Einsatz kommen, um Bestandsdaten zu erfassen, Einsatzdaten und -nachweise aufzuzeichnen oder vor Ort erforderliche Informationen zur Verfügung zu stellen. Die hierfür erforderlichen Geräte werden fest im Fahrzeug oder im Außeneinsatz genutzt, wobei auch die kombinierte Nutzung möglich ist. Die Geräte müssen für die besonderen Anforderungen des Straßenbetriebsdienstes ausgerüstet sein.

Die Geräte für den mobilen Einsatz sollten bei allen Umgebungsbedingungen, wie starke Sonneneinstrahlung, Dunkelheit, Regenwasser, hohen und niedrigen Temperaturen, Schmutz etc., gut lesbar bleiben. Von wesentlicher Bedeutung ist daneben auch die Robustheit des Gerätes. Um sicherzustellen, dass die Geräte mechanischen Stoßeinwirkungen und äußeren Umwelteinflüssen widerstehen, sollte gemäß DIN EN 60529 „Schutzarten durch Gehäuse“ [DIN 2000] mindestens Schutzklasse IP 54 (staubgeschützt, Schutz gegen allseitiges Spritzwasser) eingehalten werden.

Für Geräte im Außeneinsatz sollte die Bedienung mit Handschuhen gewährleistet sein. Hierfür sind ausreichend großen Tasten, die haptisch optimiert sind, oder entsprechend gestaltete Bedienfelder auf einem Touchscreen erforderlich. Weiterhin ist auf eine optimale Bedienung für Links- und Rechtshänder zu achten, da in Europa ca. 15 % der Menschen Linkshänder sind [SPREDA 2011]. Für den sicheren Außeneinsatz sind Trage- und Gurtsysteme vorzusehen, durch die die Einhand-Bedienung der Geräte möglich ist.

Der Einsatz einer festen Halterung im Fahrzeug ist für die sichere Bedienung der Geräte während der Fahrt und die sichere Aufbewahrung erforderlich. Bei mobilen Geräten für die Sprachkommunikation kann so auch den gesetzlichen Bestimmungen für Freisprechen genüge getan werden. Durch die feste Halterung ist das Laden des Akku möglich, sodass die Einsatzzeit der Geräte erhöht werden kann.

Bei der Betriebszeit der Geräte im Außeneinsatz sollte darauf geachtet werden, dass diese nicht

unter einem Arbeitstag von in der Regel maximal zehn Stunden liegt, wenn ein Aufladen der Geräte während des Arbeitstages, beispielsweise in Fahrzeughalterungen, im Regelbetrieb nicht möglich ist, da die Geräte den kompletten Arbeitstag fortwährend außerhalb des Fahrzeugs im Einsatz sind. Für diesen Fall sind ggf. Zusatz- oder Wechselakkus vorzusehen.

Mobile Geräte sollten über eine automatische satellitengestützte Positionserfassung verfügen, um georeferenzierte Anwendungen ausführen zu können. Weiterhin ist die Integration einer Kamera sinnvoll, wenn zur Dokumentation auch Bilder verwendet werden. Durch die Integration der Kamera kann eine automatische Zuordnung des Bildes zu Objekt bzw. Ereignis erfolgen. Das erforderliche Speichervolumen für die Daten hängt stark von den Anwendungen ab. Aber auch bei Anwendungen, die im Regelbetrieb eine automatische Datenübertragung vorsehen, ist zu berücksichtigen, dass die Daten bei fehlender Kommunikation ausreichend lange zwischengespeichert werden können. Großen Speicherbedarf haben in der Regel Bilder. Ggf. sind die Bilder so weit zu komprimieren, dass der Speicherbedarf ausreichend reduziert wird, gleichzeitig aber eine ausreichend hohe Auflösung gewährleistet ist.

Zweckmäßig ist die Nutzung nur eines mobilen Gerätes auch für unterschiedliche Anwendungen, wie Bestandsdatenerfassung, automatisierte Einsatzdatenerfassung, Baumbeobachtung oder Streckenkontrolle, auch wenn diese von verschiedenen Anbietern implementiert werden. Es ist sinnvoll, dass eine Kompatibilität zwischen verschiedenen Anwendungen und Geräten geschaffen wird, um so zu vermeiden, dass das Betriebsdienstpersonal mit mehreren mobilen Geräten ausgerüstet werden muss. Hierfür ist die Verwendung von Geräten mit standardisierten Betriebssystemen notwendig.

Zusammenfassend lassen sich folgende Anforderungen an mobile Geräte im Fahrzeug und im Außeneinsatz festhalten:

- gute Lesbarkeit aller Anzeigen und Displays bei unterschiedlichen Umfeldbedingungen,
- robuste Geräte, Schutzart nach DIN EN 60529,
- feste Halterung im Fahrzeug, incl. Lademöglichkeit des Akkus,
- Trage- und Gurtsystem für Außeneinsätze,
- Bedienung der Geräte mit Handschuhen,

- übersichtliche Anordnung der Bedienelemente, Nutzung für Links- und Rechtshänder gleichermaßen,
- Betriebszeit von mindestens einem Arbeitstag durch ausreichende Akkus bzw. Wechselakkus,
- ausreichende Speicherkapazität und Bildqualität der Kamera,
- automatische Positionserfassung,
- Benutzung eines Gerätes für unterschiedliche Anwendungen verschiedener Anbieter.

3.1.3 Softwareergonomie (Mensch-Maschine-Schnittstelle)

Neben einer einfachen und logischen Menüführung ist eine einfache und unkomplizierte Eingabestruktur äußerst wichtig, um durch die intuitive Bedienung den Erfassungsaufwand und die Nutzerakzeptanz zu erhöhen. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass je nach Anwendung die Nutzer vielfach keine besonderen EDV-Kenntnisse besitzen und somit die IuK-Technologien an die Eigenschaften und Fähigkeiten der Anwender angepasst werden sollten. Gerade im Straßenbetriebsdienst wird in Zukunft das Durchschnittsalter der Mitarbeiter weiter steigen, was ebenfalls bei der Entwicklung und Implementierung neuer IuK-Technologien nicht vernachlässigt werden sollte.

Um die Einfachheit der Menüführung sicherzustellen, müssen komplexe informationstechnische Operationen im Hintergrund ablaufen. Die Nutzer sollen nur die wesentlichen Informationen übersichtlich auf der Benutzeroberfläche dargestellt bekommen. Zu beachten ist hierbei, dass die Menüführung einfach und logisch aufgebaut ist und die bekannten Arbeitsprozesse möglichst unmittelbar abbildet.

Die Daten sollen in geeigneter Form und in ausreichend großer Schrift dargestellt werden, sodass z. B. auch ältere Mitarbeiter die Informationen problemlos aufnehmen können. Vielfach ist hierfür die grafische Aufbereitung der Daten hilfreich. Weitere Hilfsmittel sind beispielsweise Farben und Schattierungen, unterschiedliche Schriftgrößen, Schriftarten etc. Auf eine zu starke Verwendung der Farben Rot und Grün sollte nach Möglichkeit verzichtet werden, da in Europa ca. 9 % aller Männer und 0,5 % aller Frauen eine Rot-Grün-Blindheit haben [BAUER 2011]. Der Detaillierungsgrad der Darstellung ist den Endgeräten anzupassen; auf kleinen

Displays können ggf. nicht alle Daten wie auf einem Bildschirmarbeitsplatz, sondern nur aggregiert und vereinfacht dargestellt werden. Unabdingbar für alle Darstellungen ist jedoch eine vollständige und korrekte Beschriftung der angezeigten Informationen.

Eine deutschsprachige Benutzeroberfläche ist in der Regel ausreichend. Sie ist auch bei IuK-Komponenten ausländischer Anbieter notwendig. Bei allen Textangaben ist auf eine allgemein verständliche, der jeweiligen Anwendergruppe angepasste Fachterminologie zu achten. Länderspezifische Abweichungen sollten berücksichtigt werden. Dies gilt in gleichem Maß für die Hilfsfunktionen und die Dokumentation der Anwendungen.

Für versehentliche Falscheingaben oder fehlerhafte Erfassungen sollten Korrekturmöglichkeiten vorhanden sein. Die Korrekturen sind von autorisierten Personen vorzunehmen. Um Systemfehler, z. B. den Ausfall der satellitengestützten Positionsbestimmung oder den Ausfall der Datenübertragung, erkennen zu können, sollten Kontrollmöglichkeiten über die aufgenommenen Daten und den Systemstatus vorhanden sein. Fehlermeldungen sollten verständlich, eindeutig und klar in Textform formuliert sein.

Gerade bei komplexen Anwendungen ist es für die einfache und intuitive Bedienung wichtig, die Benutzeroberfläche anwenderspezifisch konfigurieren und speichern zu können. So ist jeder Mitarbeiter in der Lage, persönliche Einstellungen vorzunehmen. Diese Verknüpfungen ersparen ansonsten erforderliche langwierige Systemkonfigurationen und können die Nutzerakzeptanz deutlich steigern. Des Weiteren besteht die Möglichkeit, für unterschiedliche Nutzergruppen maßgeschneiderte Benutzeroberflächen je nach Arbeitsaufgabe und Einsatzgebiet zu konfigurieren. Zweckmäßig ist in diesem Zusammenhang das Einrichten von sog. Benutzergruppen, wie es beispielsweise für die aktuelle Version des SWIS vom DWD vorgesehen ist (s. Kapitel 2.1.3). Diese Benutzergruppen können von besonders hierfür geschulten Mitarbeitern eingerichtet werden.

3.1.4 Datensicherheit und Datenschutz

Alle aufgezeichneten und erfassten Daten sollten in standardisierten und eindeutig definierten Datenformaten gespeichert werden. Hierzu zählen zum einen die eindeutige Benennung der Dateinamen

und zum anderen die eindeutige Bezeichnung der Datenfelder. Bei der Archivierung ist darauf zu achten, dass die Daten nicht nur durch die vorgesehene Anwendung gelesen und verarbeitet werden können, sondern dass sie auch mit Hilfe von Standardsoftware und Texteditoren lesbar sind, um auch bei einem Anbieterwechsel noch auf die Daten zugreifen zu können. Sinnvoll sind in diesem Zusammenhang die Einhaltung standardisierter Datenformate, wie OKSTRA für den Bereich der Bestandsdaten oder XML als allgemein gültige Datenbeschreibung. Die standardisierten Datenformate haben auch große Bedeutung für den Datenaustausch zwischen den Anwendungen unterschiedlicher Anbieter und ermöglichen somit den modularen Einsatz von IuK-Technologien.

Bei der Speicherung ist auf möglichst speicherplatzsparende Datenformate zu achten, um den Speicherbedarf zu begrenzen. Dies gilt insbesondere für die Speicherung von Bilddateien. Andererseits ist es bei vielen Anwendungen sinnvoll, die erfassten Rohdaten zu archivieren und nicht nur aufbereitete Daten zu speichern. Hierdurch können die Rohdaten auch für künftige Anwendungen zur Verfügung stehen, z. B. können im Fall eines Anbieterwechsels die archivierten Rohdaten neu zugeordnet und ins neue System eingespeist und übernommen werden, wenn diese mit anderen Algorithmen und Zuordnungsverfahren arbeiten.

Erfasste Daten sind sicher aufzubewahren. Hierfür sind je nach Anwendung Konzepte für die sichere Datenspeicherung zu erstellen, wobei insbesondere der Schutz vor Datenverlust, vor unberechtigtem Zugriff und vor Datenmanipulationen zu berücksichtigen sind. Ein ausreichender Schutz vor Datenverlust kann insbesondere durch die redundante Speicherung (Spiegelung) wichtiger Daten sowie regelmäßige vollständige Datenbackups erreicht werden. Um unberechtigte Zugriffe und Manipulationen zu vermeiden, sind die Sicherheitsstandards, wie sie auch für zahlreiche andere Anwendungen in Verwaltung und Industrie gelten, einzuhalten.

Die Daten sollten ausreichend lange archiviert werden, um zum einen für entsprechende Zeitreihen zur Verfügung zu stehen und um sie zum anderen ggf. auch bei juristischen Auseinandersetzungen verfügbar zu haben. Zweckmäßig ist eine Archivierung für mindestens zehn Jahre. Bei der Archivierung ist auch darauf zu achten, dass das Speichermedium hierfür ausgelegt ist und dass die erforder-

lichen Lesegeräte auch langfristig zur Verfügung stehen. Ansonsten ist es bei einem Technologiewechsel notwendig, die Daten auf das neue Medium zu übertragen.

Vielfach ist es notwendig, automatisch erfasste Daten nachträglich zu ändern, um z. B. Erfassungsfehler zu korrigieren. Hierbei ist jedoch darauf zu achten, dass alle Änderungen der Daten in den Datensätzen protokolliert werden. Bei Änderungen von Bestandsdaten ist zu berücksichtigen, dass eine Historisierung möglich ist, indem ebenfalls alle Änderungen protokolliert werden.

Um sichergehen zu können, dass nur autorisierte Personen Zugriffe haben, ist es zweckmäßig, eine zentrale Verwaltung der Zugriffsrechte zu implementieren, die durch den Anwender verwaltet wird. Hiermit kann auch sichergestellt werden, dass personenbezogene Daten zuverlässig geschützt sind. Personenbezogene Daten sind im Bundesdatenschutzgesetz im § 3 Abs.1 [BMJ 2003] definiert als „Einzelangaben über persönliche oder sachliche Verhältnisse einer bestimmten oder bestimmbarer natürlichen Person (Betroffener)“. Die Verarbeitung personenbezogener Daten hat den Vorschriften des Bundesdatenschutzgesetzes zu entsprechen. Weiterhin dürfen sie nur in Abstimmung mit dem Personalrat verarbeitet werden.

Wenn private Anbieter nicht nur Anwendungen entwickeln, sondern auch Daten unmittelbar erfassen und archivieren, ist bei der Vertragsgestaltung darauf zu achten, dass die Anwender alle Rechte an den Daten haben. Die Datenhoheit sollte immer vollumfänglich beim Anwender liegen. Für die Praxis hat sich neben der rechtlichen Zusicherung der Datenhoheit auch bewährt, alle Daten in bestimmtem Turnus auch physikalisch dem Anwender zur Verfügung zu stellen, sodass dieser auch bei plötzlichem Ausfall des Anbieters, z. B. infolge Insolvenz, die Daten zur Verfügung hat.

Nachfolgend sind die wesentlichen Anforderungen an die Datensicherheit und den Datenschutz zusammengestellt:

- Verwendung gängiger Standardformate, Speicherplatz sparend,
- ausreichend lange Datenarchivierung, in der Regel für 10 Jahre,
- manipulationssichere Datenarchivierung, Protokollierung von Änderungen und entsprechende Historisierung der Daten,

- Konzept zur Datensicherheit,
- zentrale Verwaltung der Zugriffsrechte,
- Schutz personenbezogener Daten,
- vertragliche Regelung der Datenhoheit.

3.1.5 Betrieb und Implementierung von luK-Technologien

Merkmale eines zuverlässigen und stabilen Systems sind minimale Ausfallzeiten, verlustfreie Datenübertragung und geringer Wartungsaufwand.

Sinnvoll sind eine zentrale, möglichst landesweite Wartung und Administration insbesondere bei mobilen Geräten, aber auch für die an dezentralen Standorten oder Außenstellen, insbesondere Meistereien, eingesetzten luK-Technologien. Ermöglicht werden diese durch Komponenten für die Fernwartung und den Remote-Zugriff, wie er heute in größeren Netzwerken Stand der Technik ist. So wird sichergestellt, dass die zum Einsatz kommenden Anwendungen den gleichen Stand aufweisen und keine unterschiedlichen Programmversionen mit abweichender Funktionalität im Einsatz sind. Weiterhin wird der Aufwand für die Administration der luK-Technologien minimiert.

Für komplexe Anwendungen sollte fortlaufend ein deutschsprachiger Support zur Verfügung stehen. Durch diesen sind nicht nur DV-technische Fragestellungen zu beantworten, sondern er sollte den Anwendern auch inhaltliche Hilfestellung geben, somit ist er ggf. in einen DV-technischen Support durch den Entwickler/Anbieter und einen fachlichen Support, z. B. auch auf Anwenderseite oder durch einen Dritten, zu trennen. Wichtig sind Erreichbarkeiten nicht nur während der regulären Arbeitszeiten, sondern während der Haupteinsatzzeiten der luK-Komponente sowie kurze Hilfezeiten.

Von wesentlicher Bedeutung für die erfolgreiche Implementierung von neuen luK-Technologien sind eindeutige und klar definierte Zielvorgaben durch den Anwender. Es ist in der Regel sinnvoll, bei der Entwicklung und Implementierung neuer luK-Technologien die verschiedenen Anwendergruppen einzubeziehen, sodass eine praxisgerechte Umsetzung gewährleistet werden kann.

Zentrale Bedeutung für eine erfolgreiche Implementierung hat eine ausreichend lange Pilot- und Testphase, bei der die luK-Technologien an die vorhandenen Arbeitsabläufe angepasst werden können.

Auch ist in dieser Phase zu überprüfen, wie z. B. erfasste Daten ausgewertet werden können, ob die Schnittstellen zu anderen Anwendungen funktional und DV-technisch eindeutig definiert sind und wie sich die Komponenten im praktischen Einsatz bewähren. Zu empfehlen ist eine weitere phasenweise Implementierung, bei der die zu implementierenden Komponenten einer fortlaufenden Qualitätskontrolle unterzogen werden. Das bei der Implementierung begonnene Qualitätscontrolling sollte während der Betriebsphase fortgeführt werden, um fortlaufend zu überprüfen, ob die mit der Einführung der Anwendung verfolgten Ziele auch tatsächlich erreicht wurden, und weitere Optimierungspotenziale in der Anwendung erkennen zu können.

Der Zeitpunkt der Implementierung ist nach Möglichkeit so zu wählen, dass ausreichende Kapazitäten auf Anwenderseite zur Verfügung stehen und dass die Technologie auch zum Einsatz kommt. Beispielsweise sollte ein System zur Erfassung von Winterdiensteinsätzen nach Möglichkeit im Herbst implementiert werden, um zum einen die Einarbeitung zeitnah zu ermöglichen, zum anderen das System dann aber auch einzusetzen.

Um die Nutzerakzeptanz für den Einsatz neuer luK-Technologien zu erhöhen, ist es ratsam, frühzeitig einen Nutzen für alle betroffenen Anwendergruppen zu generieren. Beispielsweise kann durch die automatisierte Einsatzdatenerfassung im Winterdienst der Erfassungsaufwand für die Fahrer verringert, die Abrechnung von Fremdunternehmern vereinfacht und der Einsatznachweis sicherer geführt werden, wodurch Winterdienstfahrer, Einsatzleiter, Meistereileiter und Verwaltungsangestellte entlastet werden.

Zusammenfassend ergeben sich folgende Anforderungen an Betrieb und Implementierung der luK-Technologien:

- zentrale Wartung und Administration auch an dezentralen oder mobilen Geräten,
- umfassender technischer und fachlicher Support,
- eindeutige und klar formulierte Zielvorgaben durch den Anwender,
- Einbeziehen der Anwendergruppen bei der Entwicklung neuer luK-Komponenten,
- ausreichend lange Pilot- und Testphasen, Projektimplementierung phasenweise,

- ausreichende Schulungen, auch Wiederholungsschulungen,
- fortlaufendes Qualitätscontrolling während der Betriebsphase,
- frühzeitige Generierung eines Nutzens für alle Anwendergruppen.

3.2 Anforderungen an die mobile Sprachkommunikation

Von wesentlicher Bedeutung für die mobile Sprachkommunikation ist eine uneingeschränkte Kommunikationsmöglichkeit im gesamten zu betreuenden Streckennetz einer Autobahn- oder Straßenmeisterei. Hierfür sind im Bereich der Autobahnen aufgrund der linienhaften Ausdehnung der Autobahnmeistereinetze vielfach größere Entfernungen zu berücksichtigen als bei den flächenhaften Netzen der Straßenmeistereien. Allerdings treten auch bei kleinräumigen Straßenmeistereinetzen in topografisch bewegtem Gelände vereinzelt „Funklöcher“ auf, die eine Kommunikation erschweren. Daher ist es bei der Konzeption der mobilen Sprachkommunikation erforderlich, bei linienhaften Autobahnnetzen ausreichende Entfernungen sowie bei Meistereien in topografisch bewegtem Gelände eine vollständige Ausleuchtung des gesamten Streckennetzes zu berücksichtigen. Dies gilt auch für Grenzregionen, in denen zum Teil die Netzabdeckung schlechter ist oder zum Teil durch Netzbetreiber des angrenzenden Staates übernommen wird.

Auch in Straßentunneln ist eine vollständige Erreichbarkeit zu gewährleisten, da gerade hier der Sprachkommunikation zur Koordination der Arbeiten sowie in Gefahrensituationen eine besondere Bedeutung zukommt. Gemäß den Richtlinien für die Ausstattung und den Betrieb von Straßentunneln (RABT) [FGSV 2006] sind in den Tunnelröhren und den Portalbereichen für die betriebliche Straßenunterhaltung ein bis zwei Kanäle im 2-m-Band vorzuhalten. Darüber hinaus sind weitere Kommunikationskanäle für die BOS-Dienste erforderlich. Hieraus lässt sich ableiten, dass – unabhängig von der Form der technischen Realisierung – für den Betriebsdienst eine uneingeschränkte Sprachkommunikation im Tunnel jederzeit möglich sein muss. In der Regel sind für die Signalübertragung zusätzliche Kommunikationseinrichtungen im Straßentunnel erforderlich, auf die im Rahmen dieses Forschungsberichts nicht weiter eingegangen wird.

Bei der mobilen Sprachkommunikation ist neben der Erreichbarkeit im Netz der Meisterei auch eine Erreichbarkeit über die Meistereigrenzen hinweg zweckmäßig, um bei Bedarf auch unmittelbar mit den Mitarbeitern angrenzender Meistereien kommunizieren zu können. Weiterhin werden Fahrzeuge und Geräte, z. B. Kehrmaschinen oder andere Spezialfahrzeuge, vermehrt Meisterei übergreifend eingesetzt, sodass die Kommunikation über die Meistereigrenzen hinweg an Bedeutung gewinnt.

Bei der Sprachkommunikation ist nicht nur die Kommunikation zwischen Meistereigehöft und den Fahrzeugen sowie zwischen den Fahrzeugen untereinander zu berücksichtigen, sondern es ist auch die Kommunikation mit Mitarbeitern, die sich außerhalb des Fahrzeuges im Einsatz befinden, zu beachten. Für diese Mitarbeiter ist auch aus Gründen der Arbeitssicherheit die uneingeschränkte Kommunikationsmöglichkeit anzustreben.

Neben der Kommunikation während des Einsatzes ist eine möglichst einfache und zuverlässige Sprachkommunikation mit den Mitarbeitern, die sich in Rufbereitschaft befinden, zu gewährleisten. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass diese Mitarbeiter nicht immer innerhalb des Meistereibezirks wohnen und dass eine ortsungebundene Erreichbarkeit die Lebensqualität der Mitarbeiter in Rufbereitschaft erhöhen kann, sofern bei Alarmierung eine ausreichend schnelle Erreichbarkeit des Meistereigehöfts vereinbart ist.

Neben den Mitarbeitern der Meistereien sind bei der Konzeption für die mobile Sprachkommunikation auch Fremdunternehmer einzubeziehen, da es im Sinne der wirtschaftlichkeitsorientierten Steuerung vermehrt zu flexiblen Organisationsformen und der Vergabe von Aufgaben an Dritte kommt. Beispiele hierfür sind der vermehrte Einsatz von Fremdunternehmern im Winterdienst auf Autobahnen, bei denen diese auch in einer Staffel mit meistereieigenen Fahrzeugen eingesetzt werden, oder der Einsatz mit Spezialfahrzeugen, z. B. für die Reinigung von Entwässerungseinrichtungen.

Bei besonderen Situationen, insbesondere Verkehrsunfällen, kann im Einzelfall auch die unmittelbare Kommunikation der Mitarbeiter der Autobahn- und Straßenmeistereien mit den BOS-Diensten zweckmäßig sein. Zwar sollte im Sinne eindeutiger Ablauf- und Kommunikationsprozesse die Kommunikation mit Dritten nach Möglichkeit über das Meistereigehöft erfolgen, allerdings ist dieses nicht immer besetzt.

Neben der örtlichen Erreichbarkeit bestimmt auch die zeitliche Erreichbarkeit die Qualität der mobilen Sprachkommunikation. Diese wird zum einen durch die Verfügbarkeit der Kommunikationskanäle und deren Auslastung bestimmt. Zum anderen ist hierbei auch das Ausfallrisiko des Kommunikationsnetzes zu berücksichtigen, das ggf. durch die redundante Verfügbarkeit einzelner Komponenten reduziert werden kann. Kurzzeitige Unterbrechungen der Sprachkommunikation im Einzelfall haben auf den Betriebsablauf im normalen Einsatz in der Regel nur geringe Verzögerungen oder Einschränkungen zur Folge.

Allerdings ist die uneingeschränkte Kommunikation bei einzelnen Arbeiten, z. B. den Räumstaffeln im Winterdienst sowie dem Einrichten oder Aufheben von Arbeitsstellen und kurzfristigen Sperrungen, von großer Bedeutung für die Koordination der Abläufe. Daneben sind besondere Ereignisse, wie Unwetter, Unfälle, lang andauernde Verkehrsbehinderungen, Großveranstaltungen etc., zu nennen, in denen für den Betriebsdienst die uneingeschränkte Sprachkommunikation hohe Bedeutung hat. Der kurzzeitige Ausfall der Sprachkommunikation ist auch in diesen Fällen zwar nicht unmittelbar sicherheitsrelevant, da eine sichere Abwicklung auch ohne Kommunikation gewährleistet sein sollte, kann jedoch zu erheblichen Verzögerungen im Ablauf führen.

Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass bei besonderen Krisensituationen infolge Umwelt- und Naturkatastrophen, militärischen und terroristischen Angriffen, Seuchen etc. durch den Straßenbetriebsdienst als operative Organisation der öffentlichen Verwaltung besondere Aufgaben zur Aufrechterhaltung der öffentlichen Infrastruktur wahrzunehmen sind. Inwieweit hierfür eine uneingeschränkte mobile Sprachkommunikation erforderlich ist und welche Anforderungen hiermit im Einzelnen verbunden sind, kann nicht aus der Sicht des Betriebsdienstes beantwortet werden, sondern ist eine übergeordnete Entscheidung.

Gerade bei der mobilen Sprachkommunikation ist eine hohe Sprachqualität von großer Bedeutung, da die Kommunikation durch den Verkehrslärm und andere Lärmquellen erheblich gestört werden kann. Störgeräusche, Rauschen sowie wechselnde Signalqualitäten sollten daher soweit möglich reduziert werden. Zu einer hohen Sprachqualität zählt für den Betriebsdienst natürlich auch die Aufrechterhaltung der Kommunikation während der Fahrt.

Für den Betriebsdienst hat neben der Einzelkommunikation zwischen Meistereigehöft und Fahrzeug bzw. zwischen zwei Fahrzeugen auch die unmittelbare Kommunikation mit mehreren Mitarbeitern große Bedeutung. Hierdurch lassen sich Informationen unmittelbar an alle betroffenen Mitarbeiter weitergeben. Weiterhin ist es in der Praxis oft hilfreich, wenn auch weitere Mitarbeiter die Kommunikation Einzelner mithören können, sodass sie über die aktuellen Betriebsabläufe informiert sind. Hierdurch ist zwar die Vertraulichkeit der übermittelten Informationen vielfach eingeschränkt, allerdings spielt dies in der Regel nur eine untergeordnete Rolle.

Zusammenfassend werden an die mobile Sprachkommunikation im Wesentlichen folgende Anforderungen gestellt:

- Die mobile Sprachkommunikation ist nicht nur innerhalb des Meisterebezirks, sondern auch darüber hinaus (Kommunikation mit angrenzenden Meistereien, mit Dritten, in der Rufbereitschaft) erforderlich.
- Die Sprachkommunikation sollte möglichst uneingeschränkt verfügbar sein, kurzzeitige Unterbrechungen sind vereinzelt tolerierbar.
- Die Sprachqualität sollte innerhalb und außerhalb des Fahrzeuges gleichbleibend hoch sein.
- Neben der Kommunikation zwischen zwei Teilnehmern haben die Information mehrerer Teilnehmer („Gruppenruf“) und das Mithören von Gesprächen hohe Bedeutung für die Organisation und Steuerung des Betriebsdienstes, sodass diese Funktionalitäten bei der Konzeption der mobilen Sprachkommunikation zu beachten sind.

3.3 Anforderungen an die mobile Datenübertragung

Bei der Datenübertragung ist es im Interesse einer hohen Wirtschaftlichkeit, die vorhandenen Übertragungskapazitäten möglichst hoch auszulasten. Verzögerungen durch kurzzeitige Netzüberlastungen sind in der Regel unkritisch zu sehen, wenn hierdurch die Betriebsabläufe nicht verzögert werden. Beispielsweise ist die Übertragung von Einsatzdaten zeitlich unkritisch, solange die Daten nicht für die Online-Verfolgung genutzt werden. Verzögerungen beim Zugriff auf eine zentrale Bestandsdaten-

bank mit einem mobilen Endgerät führen hingegen häufig unmittelbar zu einer Verzögerung im Arbeitsprozess. Es muss auf jeden Fall gewährleistet werden, dass keine Daten bei der Übertragung verloren gehen. Ein umfassendes Konzept für die Datenübertragung wird daher als zielführend betrachtet, bei dem in Abhängigkeit der Anwendung und der übertragenen Daten Anforderungen an die Ausfallsicherheit definiert sind und Kompensationsmöglichkeiten aufgezeigt werden, z. B. redundante Datenübertragungswege sowie zusätzliche Speicherung und Archivierung größerer Datenmengen. Es ist zu unterscheiden, welche Daten aufgezeichnet und welche davon online übertragen werden sollen. Daten, die für die Einsatzsteuerung relevant sind oder von ähnlich hoher Wichtigkeit für den Betriebsdienst sind, müssen online übertragen werden. Daten, die zu statistischen Zwecken, für die Abrechnung etc. erhoben werden oder für die Einsatzsteuerung nicht unmittelbar relevant sind, können nach Einsatzende auf dem Meistereigehöft ins System übertragen werden (WLAN, beispielweise in Fahrzeughallen, oder manuelles Auslesen von Speicherkarten etc.). Zu berücksichtigen ist bei der Online-Datenübertragung die zu übertragende Datenmenge. Ist diese zu groß, kann es unter Umständen zu Netzüberlastung kommen. Dies hätte eine Verzögerung der Datenübertragung zur Folge, was sich nachteilig auf die Einsatzsteuerung auswirken könnte. Solange keine Bilddateien oder vergleichbare Daten übertragen werden, sind die anfallenden Datenmengen aber eher gering, sodass bei den heutzutage üblichen Datenübertragungsraten in der Regel keine Probleme zu erwarten sind.

Auch für die Datenübertragung nach Einsatzende sind einfache und nach Möglichkeit automatisierte Übertragungsverfahren sinnvoll, durch die die Arbeitsprozesse des Betriebsdienstes nicht behindert werden. Die manuelle Übertragung mit Hilfe von Speicherkarten, die in einem Lesegerät ausgelesen werden, hat gegenüber der automatisierten, kabellosen Übertragung über ein Funknetzwerk daher häufig Nachteile. Andererseits ist zu berücksichtigen, dass die Datenübertragung auch nach Abstellen des Fahrzeuges, ggf. in einer Fahrzeughalle, problemlos funktionieren soll. Weiterhin ist zu beachten, dass das Einsatzfahrzeug nicht immer den Einsatz auf dem Meistereigehöft beginnt und beendet, sondern beispielsweise an einem dezentralen Stützpunkt. Nach Einsatzende sollten die Daten auch in diesem Fall möglichst zeitnah im System zur Verfügung stehen.

Treten Übertragungsfehler beispielsweise aus technischen Gründen oder auch durch andere Ursachen auf, ist es für die Anwender hilfreich, dies zu wissen. Übertragungsfehler sollten automatisch erkannt und mit einer verständlichen Fehlermeldung dem Nutzer angezeigt werden. Ebenso kann die Mitteilung über eine korrekte und fehlerfreie Übertragung zweckmäßig sein.

3.4 Anforderungen an das Bestandsdatenmanagement

Grundlage für viele Auswertungen und Nachweise im Straßenbetriebsdienst sind umfassende Bestandsdaten, sodass für Systeme für das Bestandsdatenmanagement besondere Anforderungen zu berücksichtigen sind. Die Bestandsdaten sollen entsprechend den Anweisungen „Straßeninformationsbank – Teil: Netzdaten“ [BMVBS 2009b] sowie „Teil: Bestandsdaten“ [BMVBS 2009c] erfasst und gepflegt werden (s. Kapitel 2.1.4). Die Richtlinie zur Erhebung des Anlagenbestandes für Bundesfernstraßen [BMVBS 2009a] enthält detaillierte Anforderungen, welche Bestandsdaten und welche Parameter zu erfassen sind, sowie praxisorientierte Hinweise für die Erhebung der Bestandsdaten.

Um eine bundeseinheitliche Erfassung des Anlagenbestandes zu gewährleisten, wurde durch das BMVBS das Projekt MSD initiiert. Ziel von MSD ist es somit, den Straßenbetriebsdienst zu einem wirtschaftlichen und leistungsfähigen Teil des Systems Straße zu machen. Neben der Vergleichbarkeit von erfassten Einsatzdaten auf Grundlage einheitlicher Bestandsdaten über die Ländergrenzen hinweg steht die Entwicklung des Straßenbetriebs zu einer wettbewerbsfähigen, von allen Verkehrsteilnehmern als positiv und nützlich wahrgenommenen Dienstleistungseinheit im Vordergrund. Das Projekt MSD setzt damit die Erfassung und Implementierung der für den Betriebsdienst relevanten Bestandsdaten aller Bundesfernstraßen fort bzw. in Gang. Weiter ist es Ziel von MSD, ein gut anwendbares und zuverlässiges Werkzeug für die Optimierung der Straßenbetriebsdiensttätigkeiten zu schaffen, das sich in die bestehende IT-Infrastruktur der Straßenbauverwaltungen einfügt. MSD ist eines der wichtigsten Grundlagenprojekte für eine zeitgemäße Neuausrichtung des staatlich organisierten Straßenbetriebsdienstes [BMVBS 2011b], sodass hierfür u. a. eine separate Homepage im Internet (<http://msd.bund.de>) eingerichtet wurde. Die Anforderungen an IuK-Technologien, die im Rah-

men des MSD-Projektes aufgestellt wurden, werden im Rahmen dieses Berichtes nicht explizit behandelt.

Um eine eindeutige Zuordnung von Objekten zu den aufgenommenen Bestandsdaten zu gewährleisten, muss sichergestellt sein, dass die zu erfassenden Objekte mit ausreichender Genauigkeit erfasst werden. Dies bezieht sich nicht unbedingt auf eine exakte Aufnahme im vermessungstechnischen Sinn, sondern vielmehr auf die ausreichend genaue Zuordnung von Objekten zu den Straßenabschnitten. Toleranzen in der Erfassungsgenauigkeit im Meterbereich sind durchaus tolerierbar. Berücksichtigt man jedoch auch andere Anwendungsmöglichkeiten der erfassten Bestandsdaten, z. B. bei Rohrleitungen, kann eine höhere Erfassungsgenauigkeit sinnvoll sein.

Der elektronischen Erfassung mit geeigneten Erfassungsgeräten ist gegenüber herkömmlichen manuellen Erfassungsmethoden, beispielsweise mit Messrad und manueller Aufzeichnung, der Vorzug zu geben. Hierdurch können erfasste Daten unmittelbar in die Bestandsdatenbank übertragen werden, sodass sowohl Übertragungsaufwand als auch mögliche Fehler bei der Datenübertragung auf ein Minimum reduziert werden. Nach der erfolgreichen Datenübertragung ins System sollten die erfassten Daten auf Plausibilität überprüft werden. Dies kann durch Ortskundige, den Meistereileiter oder weitere geeignete Personen erfolgen. Nicht zuletzt ist es Aufgabe des Bestandsdatenmanagements, die erfassten Daten und ermittelten Auswertergebnisse durch geeignete geografische Informationssysteme (GIS) grafisch darzustellen, um die Informationen allen Nutzern der Straßeninformationsbank zu visualisieren.

Weiter ist zu beachten, dass einmal erfasste Bestandsdaten einer kontinuierlichen Datenpflege zu unterziehen sind. Alle Änderungen sollen nach vorgegebenen Prozessen in die Datenbank eingepflegt werden, sodass eine hohe Aktualität der Daten gewährleistet werden kann.

Die Erfahrungen aus der Praxis haben gezeigt, dass ein Baumkataster für die Dokumentation und Verwaltung von Baumbeobachtungen sinnvoll ist. In ihm können alle relevanten Daten zu Art, Größe und Standort von Bäumen, den durchgeführten Beobachtungen und Pflegemaßnahmen archiviert sowie durch Verknüpfung mit einem GIS standortbezogen visualisiert werden. Es werden zwar Baumkataster von verschiedenen Unternehmen

angeboten, aber für den Betriebsdienst ist eine Integration oder zumindest Verknüpfung mit dem Bestandsdatenmanagement zweckmäßig.

3.5 Anforderungen an Systeme zur Automatisierten Einsatzdatenerfassung (AEDE)

Wichtige Grundlage vieler Geschäftsprozesse im Straßenbetriebsdienst ist die AEDE, mit der alle fahrzeugbezogenen Einsätze automatisch aufgezeichnet werden. Hierbei ist die AEDE so zu konzipieren, dass sie die Mitarbeiter von manuellen Aufzeichnungen entlastet und die Genauigkeit der Aufzeichnungen erheblich gesteigert werden kann. Nicht fahrzeugbezogene Einsätze sollten zumindest teilautomatisiert erfasst werden können. Die AEDE ist somit ein Hilfsmittel für die Mitarbeiter zur Erleichterung des Verwaltungsaufwandes und kein zusätzlicher Aufwand. Pro Mitarbeiter kann durch die AEDE eine deutliche Zeitersparnis für die Einsatzdokumentation erzielt werden. Je nach Einsatzart kann diese bis zu 15 min pro Arbeitstag betragen.

Um Aufwände und Kosten detailliert und genau den einzelnen Straßenabschnitten zuweisen zu können, sollte eine AEDE in der Lage sein, Gerätekombinationen zu erfassen. Dies ist beispielsweise im Winterdienst sinnvoll, da hier neben dem Schneepflug auch die Streumaschine im Einsatz ist. Aber auch im Sommerdienst sind an einem Geräteträger teilweise mehrere Anbaugeräte parallel im Einsatz. Hilfreich bei der richtigen Zuordnung der Anbaugeräte zu den Leistungen sind eine automatische Erkennung der Anbaugeräte und Zuordnung zu den verschiedenen Leistungspositionen. Weiterhin sollte das System in der Lage sein, mehrere Mitarbeiter und Leistungen pro Fahrzeug zur selben Zeit zu erfassen. Beispielsweise im Sommerdienst sind oftmals mehrere Mitarbeiter mit einem Fahrzeug unterwegs. Diese bewerkstelligen oft aber unterschiedlichste Aufgaben mit unterschiedlichen Kostenstellen und Leistungspositionen. Eine möglichst exakte und verursachungsgerechte Zuordnung ist wesentliche Grundlage für weitere Auswertungen, ggf. sind Pauschalierungen und anteilige Zuordnungen der Mitarbeiter und Geräte zu verschiedenen Leistungspositionen zweckmäßig.

Die Europäische Norm DIN EN 15430 „Winterdienst- und Straßenbetriebsdienstausstattung –

Datenerfassung und -übertragung – Teil 1: Datenerfassung im Fahrzeug“ [DIN 2011d] legt ein genormtes Protokoll für das Übertragen von Betriebsdaten von der Anbaugerätsteuerung (Steuergerät) zu einem im Fahrzeug befindlichen Bord-Computer fest, um die Kompatibilität zwischen dem Fahrzeug und den verschiedenen Anbaugeräten, die an diesem Fahrzeug betrieben werden können, sicherzustellen. Diese Norm legt sowohl Schnittstellen (Anschlüsse) fest wie auch Variablen, Datensätze und Meldungen, die es in dem genormten Protokoll ermöglichen, eine größtmögliche Vielfalt von Anbaugeräten beim Straßenbetriebs- bzw. Winterdienst abzudecken. Teil 2 der DIN EN 15430 „Protokoll für den Datentransfer zwischen dem Informationsanbieter-Server und dem Client-Anwenderserver“ [DIN 2008] enthält Festlegungen, wie jedes Fahrzeug-Anbaugerät mit unterschiedlichen Bordcomputern und mit jedem Client-Applikationsserver zu kombinieren ist. Die Schnittstelle zwischen dem Betriebsdatenserver (ISS) und dem Client-Applikationsserver (CAS) wird als spezifisches Protokoll in dieser Norm definiert. Ziel dieser Norm ist es, Kompatibilität zwischen den Systemen (Hardware und Software) verschiedener Anbieter zu ermöglichen. Die Inhalte dieser Normen sind bei der Implementierung einer AEDE zu berücksichtigen, um eine ausreichende Kompatibilität von Erfassungsgeräten unterschiedlicher Hersteller zu erreichen.

Kommen Fremdunternehmer zum Einsatz, ist ihre Ausstattung mit einer AEDE ebenfalls sinnvoll, um Daten zu ihren Einsätzen in gleicher Form zur Verfügung zu haben. Da bei ihnen die Daten gleichzeitig zu einer objektiven Abrechnung der erbrachten Leistungen genutzt werden können, ist beim Einsatz der AEDE besonders darauf zu achten, dass die Daten manipulationssicher erfasst und übertragen werden. Da Fremdunternehmer auch für Dritte Einsätze ausführen, ist es erforderlich, die AEDE manuell ein- und auszuschalten sowie die Daten weiteren Auftraggebern zuordnen zu können. Es kann so vermieden werden, dass nicht abrechnungsfähige Fahrten für Dritte bzw. weitere Auftraggeber aufgezeichnet oder falsch zugeordnet werden.

Um der gesetzlichen Nachweispflicht Genüge zu tun, ist insbesondere im Winterdienst und bei der Streckenkontrolle eine lückenlose Aufzeichnung der durchgeführten Arbeiten und Einsatzzeiten zu gewährleisten. Diese objektive und transparente Dokumentation liegt auch im Interesse des Straßenbetriebsdienstes. Es kann beispielsweise hier-

durch vermieden werden, dass fälschlicherweise Schadensersatzansprüche geltend gemacht werden. Gerichtsfest dokumentierte Einsatzprotokolle bieten eine große Rechtssicherheit und können im Streitfall Mitarbeiter und Verantwortliche sogar entlasten. Für den Fall, dass die AEDE ausfällt, sind alternativ manuelle Einsatzprotokolle zu führen. Die hierbei erfassten Einsatzdaten sollten nachträglich in das EDV-System übertragen werden können. Um zu wissen, dass für die Ausfallzeit ein handschriftliches Protokoll zu erstellen ist, muss der Fahrer unverzüglich über den Aufzeichnungsverlust in Kenntnis gesetzt werden. Weiterhin ist es zweckmäßig, wenn der Fahrer unmittelbar an dem Bediengerät erkennen kann, welche Parameter aufgezeichnet werden. Zum einen hat der Nutzer hierdurch die Gewissheit, dass die Einsatzparameter wie vorgesehen erfasst werden, zum anderen kann so direkt eine erste Plausibilitätskontrolle der Daten erfolgen.

Nach Einsatzende ist es notwendig, dass die Mitarbeiter die erfassten Einsatzdaten kontrollieren und überprüfen können. Hierfür sind entweder geeignete PC-Arbeitsplätze in der Meisterei zur Verfügung zu stellen oder die Einsatzprotokolle sollten den Mitarbeitern unmittelbar vorgelegt werden können. Besteht Korrekturbedarf, so kann dies durch die Mitarbeiter selbst zeitnah vorgenommen oder in geeigneter Form veranlasst werden. Alle Änderungen sollen mit Datum, Uhrzeit und Bearbeiter elektronisch vermerkt werden. Für gerichtsfeste Einsatznachweise muss der Mitarbeiter durch Unterschrift die Richtigkeit der Daten bestätigen; hierfür können auch Verfahren zur elektronischen Signatur nach Signaturgesetz [BMJ 2009a] genutzt werden. Vorteil der elektronischen Signatur ist die Einsparung erheblicher Papiermengen, da die Einsatzprotokolle nur elektronisch abgelegt und archiviert werden, wodurch auch die Archivierung insgesamt erheblich vereinfacht wird. Die einmal aufgezeichneten Parameter sollten automatisch und in elektronischer Form in die jeweils weiterverarbeitenden Systeme übertragen werden.

Neben den Aufwandswerten sind die Leistungsmengen wesentliche Grundlage für die wirtschaftliche Steuerung im Sinne des Maßnahmenkatalogs 1 (MK1) [Ad-hoc-Fachgruppe Straßenbetrieb 2006]. Aufwands- und Leistungsmengen können zwar mit sehr hoher Genauigkeit im Rahmen der AEDE erfasst werden, es ist jedoch zu berücksichtigen, dass neben der Genauigkeit vor allem die möglichst genaue Zuordnung zu Straßenabschnitt-

ten, Leistungen und Bestandsdaten wesentlich für die verursachungsgerechte Auswertung ist. Sind keine Bestandsdaten vorhanden, müssen Leistungsmengen ggf. mit Hilfe pauschaler Aufmaße erfasst werden. In der Regel sind die vorhandenen Bestandsdaten ausreichend genau, wenn eine fortlaufende Datenpflege gewährleistet ist.

Zusätzlich sollten die eingesetzten und verbrauchten Materialien wie Kraftstoff, Streustoffe, Baumaterialien etc. erfasst und zugeordnet werden, um eine Vollkostenrechnung zu ermöglichen und für weitergehende statistische Auswertungen, insbesondere zu den eingesetzten Streustoffen, zur Verfügung zu stehen.

Um den Arbeitsaufwand der Erfassung so gering wie möglich zu halten und die Akzeptanz der Mitarbeiter zu gewinnen, sollte der Erfassungs- und Zuordnungsprozess für Mitarbeiter, Anbaugeräte und Verbrauchsmaterialien so weit wie möglich automatisiert mit geeigneten Technologien, beispielsweise mit Identifizierungschips, Chipkarte, Strichcode, RFID-Chips etc., erfolgen.

Neben den Leistungspositionen gemäß Leistungsheft [BMVBS 2004] müssen auch Arbeiten Eingang in die Kosten- und Leistungsrechnung finden können, die keiner konkreten Leistungsposition unmittelbar zugeordnet werden können und die auf die Leistungspositionen umgelegt werden. Hierunter fallen Rüstzeiten, Reparaturzeiten, Fahrzeiten, allgemeine Arbeiten etc. Inwieweit diese Zeiten und Arbeiten Eingang in die KLR finden, ist abhängig von der Verrechnungsmethode des jeweiligen Baulastträgers. Die AEDE sollte diese Zeiten jedoch möglichst wirklichkeitsgetreu erfassen, sodass die Zeiten erst bei der weiteren Verrechnung entsprechend zugeordnet werden.

Weiterhin kann es zweckmäßig sein, im Rahmen der AEDE parallel alle erforderlichen Daten für die Lohnabrechnung zu erfassen, um aufwändige Doppelerfassungen zu vermeiden. Hierfür können automatisierte Verknüpfungen von erforderlichen Zuschlägen zu Arbeitszeiten, Leistungspositionen und Aufgaben vorgesehen werden. Wenn die Daten der AEDE auch für die Lohnabrechnung genutzt werden, ist insbesondere darauf zu achten, dass manuelle Eingabe- und Korrekturmöglichkeiten bestehen, dass die Mitarbeiter eindeutig identifiziert werden können und dass die Mitarbeiter ausreichende Kontrollmöglichkeiten besitzen. Auch sind die besonderen Anforderungen an den Umgang mit per-

sonenbezogenen Daten zu berücksichtigen, sodass zwar eine gemeinsame Erfassung, daran anschließend aber eine Trennung der Daten für Lohnabrechnung und weitere Anwendungen im Rahmen der wirtschaftlichen Steuerung erfolgen sollte.

Wichtiger Nutzen der AEDE ist die Abrechnung von Fremdunternehmern. Eine transparente, präzise und nachvollziehbare Fakturierung ist zielführend. Grundlage ist dabei, dass alle abgerechneten Leistungen und Arbeitsstunden eindeutig belegbar sind und die zur Abrechnung kommenden Positionen exakt den einzelnen Kostenträgern zugeordnet werden können. Neben der derzeit gängigen Abrechnung von Fremdunternehmern auf Grundlage erbrachter Einsatzzeiten ist künftig auch eine leistungsmengenorientierte Vergütung möglich. Zweckmäßigerweise sollten die erfassten Einsatzdaten auch den Fremdunternehmern zur Verfügung gestellt werden, damit diese sie unmittelbar als rechnungsbegleitende Unterlage verwenden können.

Zur Verbesserung des Fuhrparkmanagements wurde auf Basis des Maßnahmenkataloges MK1 der Maßnahmenkataloges 8 – Fuhrparkmanagement im Straßenbetriebsdienst [BEKORS 2008] entwickelt. Die Anforderungen des MK 8 sind zu berücksichtigen. Mit Hilfe der AEDE können hilfreiche Auswertungen gemacht werden, beispielsweise über die Nutzung der Geräte, Maschinenstunden etc. Diese Auswertungen können dann zur Optimierung der Fahrzeug- und Gerätenutzung herangezogen werden. Weiterhin ist es durch die AEDE weitaus einfacher, Fahrzeuge und Gerätemeisterei übergreifend zu nutzen und verursachungsgerecht zu verrechnen.

Die mit der AEDE erfassten Einsatzdaten können auch zur Qualitätssicherung und -steigerung für Leistungen des Betriebsdienstes herangezogen werden. Beispielsweise können durch Analyse der erfassten Daten im Winterdienst Streudichten und Streubild verbessert oder Leerfahrten reduziert werden. Bei der Qualitätssicherung ist darauf zu achten, dass automatisiert generierte Auswertungen durch Fachpersonal richtig interpretiert werden. Umfangreiches Wissen über Straßenbetriebsdienst und Praxiserfahrung sind hierbei entscheidend für die Beurteilung und Einschätzung. Grundlage für die Optimierung sollten umfangreiche Analysen und Auswertungen über einen möglichst langen und geeigneten Zeitraum sein. Auch Meisterei übergreifende und landesweite Analysen im Rah-

men von Benchmarkingprozessen sind auf Basis der mit der AEDE erfassten Daten möglich. Weiterhin können die Einsatzdaten eine wichtige Grundlage für die vorgesehene Budgetierung der Meistereien sein.

Die Richtlinie zur Ermittlung und Verrechnung von Kosten im Straßenbetriebsdienst an Bundesfernstraßen [BMVBS 2006] hat zum Ziel, einheitliche Vorgaben und Rahmenbedingungen für die praktische Umsetzung der Kosten- und Leistungsrechnung im Straßenbetriebsdienst umzusetzen, damit die Kosten und Leistungen bundesweit für den Bereich Bundesfernstraßen vergleichbar sind. Es sollen deutschlandweit gemeinsame Standards und Anforderungen vereinbart werden. Organisationsübergreifend können so Kennzahlen miteinander verglichen werden. Dies sollte trotz unterschiedlicher Voraussetzungen, Rahmenbedingungen und Ziele der Straßenbauverwaltungen der Länder realisierbar sein, sodass die Anforderungen der Richtlinie bei der AEDE entsprechend Berücksichtigung finden sollten.

Unabhängig von den verschiedenen Voraussetzungen und Anforderungen der einzelnen Länder sollte deutschlandweit ein standardisiertes Auswertungsverfahren für die für die Bundesfernstraßen erforderlichen Berichte möglich sein, um vergleichbare Berichte und Kennzahlen zu erhalten. Darüber hinaus sollten Möglichkeiten für weiterreichende Auswertungen und Berichte implementiert werden, die den spezifischen Anforderungen einzelner Länder entsprechen. Alle Berichte sollten elektronisch erzeugt, verarbeitet und archiviert werden. Ziel der Auswertungen und Kennzahlen ist eine genaue verursachergerechte Kostenzuteilung und -verrechnung. Die in Zukunft angestrebte leistungsorientierte Mittelzuweisung durch die verschiedenen Baulastträger Bund, Land und Kreis kann so transparent umgesetzt werden. Pauschalierungen können auf ein Minimum reduziert werden. Wenn die Daten für haushaltsrelevante Entscheidungen herangezogen werden, werden entsprechende Plausibilitätsprüfungen empfohlen, um Fehlentscheidungen vorzubeugen.

Um die Anforderungen eines flexiblen Winterdienstes umsetzen zu können, kann es im Einzelfall sinnvoll sein, von den heutzutage üblichen festen Routen abzuweichen. Sind dem Einsatzleiter die Position und Fahrtrichtung der Einsatzfahrzeuge bekannt, kann die Einsatzsteuerung sehr fein und in Echtzeit erfolgen, sodass sie an besondere Er-

eignisse wie Verkehrsbehinderungen, Fahrzeugausfall, lokale Glätte etc. dynamisch angepasst werden kann. Dies kann sowohl Kosten senken als auch die Effizienz und Qualität des Winterdienstes erhöhen.

Durch die fortlaufende Übertragung der Einsatzdaten noch während des Einsatzes wird die Arbeitssicherheit durch Lokalisierung in Notfällen für die vielfach allein fahrenden Mitarbeiter erhöht. Der Einsatzleiter kann beispielsweise erkennen, wenn ein Fahrzeug, das sich im Winterdiensteinsatz befindet, für längere Zeit nicht bewegt wird. Hier kann dann gezielt nachgefragt werden, was passiert ist. Wenn keine Rückantwort kommt, weil der Fahrer möglicherweise einen Unfall hatte, kann sofort Hilfe geschickt werden.

Zusammenfassend wird deutlich, dass die AEDE als zentrale IuK-Technologie für den Straßenbetriebsdienst eingestuft werden kann und die Anforderungen an die AEDE aus den vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten resultieren. Schwerpunkte sind hierbei:

- deutliche Reduktion des Erfassungsaufwandes gegenüber manuellen Aufschrieben,
- manipulationssichere Erfassung, insbesondere zur Gewährleistung eines gerichtsfesten Einsatznachweises und zur Abrechnung vom Fremdunternehmern,
- ausreichende Kontroll- und Korrekturmöglichkeiten der erfassten Daten durch die Mitarbeiter, insbesondere wenn die Daten auch für die Lohnabrechnung genutzt werden sollen,
- möglichst vollständige und realitätsnahe Abbildung des gesamten Arbeitsprozesses, bei dem Zuordnungen und Verrechnungen erst im Rahmen der weiteren Kosten- und Leistungsrechnung erfolgen,
- Nutzung der erfassten Einsatzdaten für ein effizientes Fuhrparkmanagement,
- Nutzung der erfassten Daten für die Qualitätssicherung und -bewertung im Betriebsdienst, wobei die erfassten Daten nur als Basis für die detaillierte Analyse durch Fachkundige dienen können,
- Nutzung der erfassten Daten für bundeseinheitliche Kennzahlen, zumindest für den Bereich der Bundesfernstraßen, die auch für die leis-

tungsorientierte Mittelzuweisung herangezogen werden sollen,

- Nutzung von online übertragenen Daten zur bedarfsgerechten Einsatzsteuerung im Sinne des flexiblen Winterdienstes und zur Gewährleistung einer ausreichenden Arbeitssicherheit für allein fahrende Mitarbeiter.

3.6 Anforderungen an Systeme für Straßenwetter- und Straßenzustandsinformationen im Winterdienst

Winterliche Fahrbahnzustände beeinflussen erheblich die Verkehrssicherheit und den Verkehrsfluss, wodurch ein hoher volkswirtschaftlicher Verlust infolge von Unfällen, Zeitverlust, mangelnder Erreichbarkeit, aber auch Produktionseinbußen entstehen kann. Der Winterdienst hat die Aufgabe, die Glättebildung nach Möglichkeit zu vermeiden, aufgetretene Glätte zu beseitigen oder ihre Auswirkung auf den Verkehr zu minimieren. Für einen wirksamen und wirtschaftlichen Winterdienst sind streckenbezogene Informationen über Straßenwetter und Straßenzustand und deren Entwicklung erforderlich, um so insbesondere Einsatzzeitpunkt und auszubringende Streudichte optimieren zu können [FGSV 2010a].

Informationen zu Straßenwetter und -zustand sollten nicht nur in der Meisterei oder Einsatzzentrale, sondern auch an anderen Orten verfügbar sein, wofür das Internet als gängige Kommunikationsplattform genutzt werden sollte. Vorteil hierbei ist, dass Einsatzleiter oder Mitarbeiter in Rufbereitschaft auch von zu Hause aus sofort erkennen können, ob ein Winterdiensteinsatz nötig wird. Der Einsatzleiter könnte bei kurzfristig erforderlichen Winterdiensteinsätzen wichtige Schritte von zu Hause aus in die Wege leiten, wie beispielsweise das Informieren der Winterdienstfahrer. Für den Fall, dass kein Winterdiensteinsatz nötig wird, kann er dies ebenfalls erkennen, wodurch unnötige Wege zur Einsatzzentrale oder zum Meistereigehöft vermieden werden. Eine Einsatzsteuerung von zu Hause aus ist hierbei jedoch nicht unmittelbares Ziel, auch wenn dies mit Hilfe der verfügbaren IuK-Technologien möglich ist. Positive Erfahrungen hiermit wurden z. B. in der Schweiz im Kanton Luzern gesammelt [RUJESS/HOLLDORB 2007].

Die Übertragung der SWIS-Berichte und -Informationen sollte möglichst einfach erfolgen, aufgrund

der übertragenen komplexen und zeitlich veränderbaren Informationen bietet sich die Informationsbereitstellung online an, so wie sie z. B. durch den DWD im Rahmen der geschlossenen Benutzergruppe bereits realisiert ist (s. Kapitel 2.2.4). Je nach Einsatzkonzept sollten die Informationen über das Intranet der Straßenbauverwaltung, über das Internet mit Hilfe von stationären PC oder über mobile Endgeräte (Smartphones etc.) abrufbar sein. Bei einer Übertragung per Fax, SMS oder E-Mail werden ggf. nur bestimmte Nutzer erreicht, sie bietet daher keine ausreichende Flexibilität hinsichtlich Abrufmöglichkeit und örtlicher Verfügbarkeit und ist daher eher nachteilig zu bewerten.

Es kann sinnvoll sein, die Verkehrsteilnehmer über spezifische Wetterdaten gezielt zu informieren, um sie so für winterliche Straßenzustände zu sensibilisieren, was zu einer Steigerung der Verkehrssicherheit beitragen kann. Weiterhin werden bei entsprechender Kenntnis des Straßenzustandes ggf. Fahrten vermieden oder verschoben.

Im Merkblatt für den Winterdienst auf Straßen [FGSV 2010a] wird im Kapitel 5.3 speziell auf Straßenzustands- und Wetterinformationen eingegangen. Es werden die verschiedenen Prognoseprodukte und Daten der meteorologischen Systeme erläutert. Als wichtigstes Instrument für die Straßenzustandsüberwachung wird hier die Glättemeldeanlage (GMA) aufgeführt, die ggf. durch Videokameras ergänzt werden können. Die Daten der GMA sollten auch den meteorologischen Diensten zur Verfügung gestellt werden. Ergänzend zur ortsfesten Datenerfassung ist die mobile Datenerfassung erwähnt, beispielsweise mit Infrarotsensoren in den Einsatzfahrzeugen. Werden Fahrzeuge damit eingesetzt, ist es sinnvoll, diese Temperaturen auch online zu übertragen, sodass ein aktueller Überblick über die Temperaturverteilung im Streckennetz gewonnen werden kann. Zur verbesserten Beurteilung und optimierten Planung des Winterdiensteinsatzes kann die Thermalkartierung des Streckennetzes herangezogen werden. Aus dem aufgezeichneten Temperaturprofil können besondere Kältepunkte sowie vorhandene Temperaturdifferenzen im Netz identifiziert werden, um Empfehlungen für die Standorte neuer GMA zu geben sowie die Einsatzsteuerung auf besondere Streckenabschnitte abzustimmen.

Neben verständlich formulierten Wetterinformationen sollte großer Wert darauf gelegt werden, dass auch meteorologische Laien die Wetterprognosen

verstehen können. Durch ihre meteorologischen Grundkenntnisse und fortlaufenden Schulungen sollten die Einsatzleiter in der Lage sein, die Wettermeldungen richtig zu interpretieren und zu verstehen. Neben Textmeldungen ist es für die einfache Aufnahme der Informationen sinnvoll, Grafiken einzusetzen. Hiermit können umfangreiche Informationen visualisiert werden und somit einfach und schnell vom Anwender aufgenommen werden. In der Darstellung unterschieden werden sollte beispielsweise nach verschiedenen Prognosezeiträumen und -sicherheiten, sodass der Anwender die Qualität der Vorhersage unmittelbar einschätzen kann.

Neben einer hohen zeitlichen und räumlichen Genauigkeit der Vorhersagen ist auch eine hohe Eintrittswahrscheinlichkeit der gestellten Prognosen für die Einsatzentscheidung von großer Bedeutung. Dies bezieht sich nicht nur auf eine Einsatzentscheidung für einen kurativen Winterdiensteinsatz, sondern insbesondere auf die Einsatzentscheidung für Präventiveinsätze. Hauptaugenmerk bei den Vorhersagen liegt aus Sicht des Straßenbetriebes bei der Temperaturprognose, speziell bei Temperaturen um den Gefrierpunkt, sowie bei feuchter Fahrbahnoberfläche oder vorhergesagtem Niederschlag.

Für die unmittelbare Einsatzentscheidung wird in der Praxis auf die Messwerte der Glättemeldeanlagen zurückgegriffen. Insbesondere für Straßenmeistereien stehen häufig nur wenige Messstationen im zu betreuenden Netz zur Verfügung, die in die Einsatzentscheidung einbezogen werden können. Daher kann es sinnvoll sein, dass auch auf weitere Messstellen, z. B. an den Autobahnen im Meistereibezirk oder in den Kommunen, zugegriffen werden kann. Weiterhin ist – sowohl für Autobahns als auch Straßenmeistereien – der Zugriff auf Messstellen angrenzender Meistereibezirke, auch wenn diese in einem benachbarten Bundesland liegen, zweckmäßig. Der Zugriff auf die Messstellen angrenzender Staaten kann ebenfalls vorteilhaft sein. Über die vom DWD angebotenen SWIS-Produkte ist der Zugriff auf alle bundesdeutschen GMA technisch machbar, die Verbindung zu Messstellen benachbarter Staaten ist hingegen derzeit noch individuell zu realisieren (s. Kapitel 2.2.4).

Für die Standortwahl von Glättemeldeanlagen sind in der Regel netz- und meistereispezifische Kriterien ausschlaggebend. Optimale Standorte aus meteorologischer Sicht sind Stationen, an denen eine

repräsentative Aussage für ein Teilnetz möglich ist, sodass sie für die Prognose großräumiger Netze genutzt werden können. Messwerte von Standorten mit exponierter Lage werden dagegen durch den Betriebsdienst in der Praxis häufig bevorzugt, da sie den Einsatzleiter über den Straßenzustand an besonders kritischen Abschnitten informieren. Sie sind jedoch für die frühzeitige Prognose im Gesamtnetz nicht immer ideal, da sie nicht ausreichend repräsentativ sind. Zweckmäßig ist es in vielen Fällen, für die Standortwahl den DWD beratend hinzuziehen, da er im Gegensatz zu Anbietern von GMA selbst keinerlei wirtschaftlichen Interessen verfolgt.

Idealerweise orientiert sich die Standortwahl an den kleinklimatischen Gegebenheiten sowie der Strecken- und Verkehrscharakteristik und sollte unabhängig von der Energieversorgung und vorhandenen Kommunikationseinrichtungen erfolgen. Es gibt bereits Anlagen, die möglichst wenig Energie verbrauchen und dadurch auch mit autarker Energieversorgung über Solarzellen, Windräder, Batterien, Brennstoffzellen etc. realisiert werden konnten. Auch die nicht kabelgestützte Datenübertragung, in der Regel über Mobilfunk (s. Kapitel 2.2.5), ist mit geringem Kostenaufwand realisierbar. Die Anforderungen an die zu erfassenden Parameter von GMA sind in der DIN EN 15518-3 [2011c] geregelt (s. Auflistung in Kapitel 2.1.3).

Die Sensorik der Glättemeldeanlagen sollte wartungsarm sein, um so geringe Wartungskosten und eine große Verfügbarkeit zu erreichen. Daneben sollte auf minimale Ausfallzeiten großer Wert gelegt werden. Ein weiterer Aspekt für die wirtschaftliche Betrachtung der Sensorik ist die Lebensdauer, die nach Herstellerangaben ca. 20 bis 30 Jahre betragen kann. Daneben sind Erneuerungszyklen der Asphaltdeckschichten zu berücksichtigen, die gemäß den Richtlinien für die Planung von Erhaltungsmaßnahmen an Straßenbefestigungen (RPE-Str) bei zwölf bis 15 Jahren liegen [FGSV 2001]. Somit kann für die fahrbahngebundene Sensorik häufig nicht die volle Lebensdauer angesetzt werden, sondern die Mehrkosten durch den kürzeren Einsatzzeitraum und die Kosten für die Neubeschaffung der Sensoren sollten berücksichtigt werden. Anders verhält sich dies bei berührungslosen Fahrbahnsensoren, da diese bei Deckenerneuerungsmaßnahmen nicht zerstört werden. Berührungslose Sensoren können ohne Verkehrsbehinderungen eingebaut werden, da sie neben oder über der Fahrbahn installiert werden, was insbe-

sondere auf hoch belasteten Autobahnabschnitten von Vorteil ist. Sie sind ggf. problemlos demontierbar und an anderer Stelle wieder verwendbar. Somit kann der Standort einer GMA leichter gewechselt werden, was z. B. von Vorteil ist, wenn der gewählte Standort für die Einsatzentscheidung weniger hilfreich ist oder die gewünschten repräsentativen Messwerte liefert. Der optimale Standort kann so leichter durch zeitlich begrenzte Testphasen ermittelt werden. Die berührungslosen Fahrbahnsensoren können somit trotz höherer Anschaffungskosten kosteneffizient sein. Auf sie wird in Kapitel 4.2 näher eingegangen.

3.7 Anforderungen an Systeme zur Verbesserung der Sicherheit und des Verkehrsflusses bei Arbeiten im Verkehrsraum

Bei allen Arbeiten des Betriebsdienstes steht die Gewährleistung eines möglichst hohen Sicherheitsstandards im Vordergrund. Hierbei ist zum einen die Arbeitssicherheit für die Mitarbeiter des Betriebsdienstes zu beachten, gleichermaßen steht bei Arbeiten, die im Verkehrsraum durchgeführt werden, auch die Verkehrssicherheit im Blickpunkt der Betrachtungen. Generell sind daher alle LuK-Technologien für den Betriebsdienst unter den Kriterien Arbeits- und Verkehrssicherheit zu bewerten. Daneben können neue Technologien aber auch gezielt dazu beitragen, die Sicherheit im Betriebsdienst zu erhöhen, wie auch HÖHNE [2009] aufgezeigt hat.

Das Hauptaugenmerk beim Einsatz neuer Technologien zur Steigerung der Sicherheit wird auf Arbeitsstellen auf Bundesautobahnen gerichtet, da hier die Gefährdung durch die hohen Verkehrsmengen und Geschwindigkeiten besonders groß ist. In den Richtlinien für die Sicherung von Arbeitsstellen an Straßen (RSA) [BMVBS 2010b] sind die erforderlichen Sicherungsmaßnahmen auch für feste und bewegliche Arbeitsstellen kürzerer Dauer (AkD) zusammengestellt. Ihre Einhaltung gewährleistet in der Regel eine sichere und wirtschaftliche Abwicklung der Arbeitsstellen auf den Bundesautobahnen.

Durch ROOS et al. [2008] wurden Unfalldaten und Unfallmuster an Arbeitsstellen auf Autobahnen bzw. im gesamten Straßennetz analysiert. Für AkD ergeben sich besondere Unfallrisiken. Eine Auswertung von 107 Unfällen an AkD zeigte 62 beschädigte Sicherungsanhänger, womit diese die am häufigsten

betroffenen Fahrzeuge des Betriebsdienstes darstellen. Die meisten Schwerverletzten im Betriebsdienstpersonal treten dabei beim Aufprall auf die Betriebsdienstfahrzeuge bei Arbeiten auf dem rechten Fahrstreifen auf. Bei Arbeiten am Standstreifen kommt es häufig zum Streifen der Fahrzeuge und dabei ebenfalls zu nicht unerheblichen Verletzungen und Sachschäden. Als Hauptverursacher der Auffahrunfälle werden deutlich Lkw identifiziert. Gegenwärtig besteht der Schutz der Fahrer von Absperranhängern darin, große Fahrzeuge mit hoher Masse einzusetzen, welche einem Aufprall schwerer Fahrzeuge möglichst viel Widerstand bieten können. Für Vorwarntafeln werden hingegen in der Regel kleinere Fahrzeuge eingesetzt, diese können aber einfacher in besser einsehbaren Abschnitten stationiert werden bzw. haben ein geringeres Anprallrisiko aufgrund der geringeren Fahrzeugbreite.

Eine nahezu ähnliche Gefährdung liegt bei Arbeiten wie Grasmahd oder Kehren im Verkehrsraum vor. Mäh- und Kehrfahrzeuge sind als bewegliche Arbeitsstellen gemäß den RSA [BMVBS 2010b] häufig ohne Sicherungsanhänger unterwegs und lediglich durch ein Blinkkreuz am Fahrzeug gesichert. Die Unfallsituation ist nahezu analog zu den Sicherungsanhängern. ROOS et al. [2008] geben an, dass sich relativ viele Unfälle mit Fahrzeugen ohne Sicherungsanhänger am Standstreifen ereignen, und empfehlen aufgrund dieses Unfallmusters und der Schwere der Unfälle eine bessere Absicherung von Kehrmaschinen und anderen Fahrzeugen auf dem Standstreifen.

Zur Steigerung der Sicherheit an AkD trägt die rechtzeitige Information der Verkehrsteilnehmer über die Arbeitsstelle erheblich bei. Hierfür stehen einerseits Personenwarnsysteme zur Verfügung, durch die die Verkehrsteilnehmer kurzfristig vor der Arbeitsstelle gewarnt werden, andererseits besteht die Möglichkeit, Position und Status von Warnleitern und Arbeitsfahrzeugen mit GPS zu erfassen und über Funk an eine Einsatz- oder Verkehrsleitzentrale weiterzuleiten. Zur Steigerung der Sicherheit kann dies auch beitragen, wenn diese Information in geeigneter Form an die Verkehrsteilnehmer, z. B. über den Traffic Message Channel (TMC) und Navigationsgeräte, weitergeleitet wird. Daneben können diese Informationen gleichermaßen auch für verkehrslenkende Maßnahmen und Steuerungen genutzt werden, sodass auch der Verkehrsfluss in AkD verbessert werden kann.

Um alleine fahrende Mitarbeiter in Notfällen schnell lokalisieren zu können, erscheinen eine Online-Ver-

folgung des Einsatzes und eine Ortung des Fahrzeuges sinnvoll. Durch die Online-Verfolgung und geeignete Überwachungsalgorithmen kann erkannt werden, ob das Fahrzeug bzw. der Fahrer möglicherweise verunglückt sind. So wäre man in der Lage, rechtzeitig und schneller Hilfe zu rufen.

Im Rahmen des FE-Vorhabens zu Planung und Organisation von Arbeitsstellen kürzerer Dauer an Bundesautobahnen [ROOS et al. 2006] wurde deutlich, dass durch die optimierte zeitliche und organisatorische Planung das Staurisiko beträchtlich gesenkt werden kann. Wesentliche Grundlage dieser Planungen sind aktuelle sowie räumlich und zeitlich differenzierte Daten zur Verkehrsbelastung. Daher ist es für die optimierte Planung der AkD von großer Bedeutung, dass die an Dauerzählstellen kontinuierlich erhobenen und ausgewerteten Verkehrsdaten auch für den Betriebsdienst kontinuierlich zur Verfügung stehen. Darüber hinaus sind für die flexible Planung von Arbeitsstellen auch Daten zur aktuellen Verkehrssituation von Interesse. Aus ihnen lässt sich ableiten, ob die aktuelle Verkehrssituation den prognostizierten Werten entspricht oder ob ggf. ein erhöhtes Staurisiko besteht. Auch lassen sich bei bestehenden Arbeitsstellen ggf. kurzfristig auftretende erhöhte Staurisiken vorab erkennen, denen z. B. durch ein vorzeitiges Auflösen der Arbeitsstelle präventiv entgegengewirkt werden kann. Hierfür müssen der Meistereileitung aktuelle Verkehrsdaten zur Verfügung stehen oder es sollten entsprechende Warnungen von der Verkehrsleitzentrale an die Meistereien gegeben werden können.

Aus Sicht des Straßenbetriebsdienstes werden keine besonderen Anforderungen an Webcams gestellt. Wenn diese jedoch zur Verkehrssteuerung eingesetzt werden, sollten die Bilder auch in der Meisterei einsehbar sein, da sie einen sehr guten Überblick über das aktuelle Verkehrsgeschehen geben können, was insbesondere bei der Planung von AkD im Verkehrsraum wertvoll sein kann. Auch können die Bilder zur Plausibilitätskontrolle für Daten der Glättemeldeanlagen verwendet werden und es ist möglich, die Wetter-situation im Streckennetz besser einschätzen zu können. Nach Möglichkeit sollten auch bei Dunkelheit verwertbare Bilder verfügbar sein, indem Restlichtverstärker, Infrarot etc. eingesetzt werden.

4 Beschreibung neuer luK-Technologien in Pilotanwendungen des Straßenbetriebsdienstes

4.1 Digitalfunk als Neuerung in der Sprachkommunikation

4.1.1 Technische Grundlagen

Auf der physikalischen Ebene stellt sich der Unterschied zum analogen Funk folgendermaßen dar: Bei Analogfunk werden die durch Audiosignale erzeugten Schallwellen unmittelbar in elektromagnetische, sinusförmige Wellen, die Funkwellen, umgewandelt. Diese breiten sich aus und werden nach dem Empfang wieder in Schallwellen zurückgewandelt. Bei der Digitaltechnik gibt es einen Zwischenschritt: Die Wellen werden in eine Abfolge von binären Zahlen umgewandelt, d. h. verschlüsselt, nach der Übertragung wieder entschlüsselt und als Schallwellen ausgegeben. Es ergeben sich dadurch grundlegende nachfolgend beschriebene Vorteile der digitalen Technik gegenüber dem Analogfunk [Bund-Länder Arbeitsgruppe Schulung 2007]:

- Audioqualität
 - Störende Hintergrundgeräusche werden durch einen elektronischen Sprachfilter entfernt, womit sich die Sprachverständlichkeit erhöht.
- Verbesserte Reichweite und Nutzbarkeit des gesamten Versorgungsbereiches
 - Bei Digitalfunk kann das gesamte Netz besser genutzt werden, da es keine Rauschsperrung gibt. Bei der analogen Technik wird die Sprachqualität zum Rande des Netzes immer schlechter und das Rauschen nimmt stetig zu (s. Bild 18) [BAUMBACH 2010].
- Erweiterte Möglichkeit der Datenübertragung
 - Im Analogfunk lassen sich nur sehr eingeschränkt Daten in Form von Statusmeldungen übertragen. Aufgrund der Codierungstechnik des Digitalfunks, welche sich nicht nur für Audiowellen anwenden lässt, können verschiedene Datenformate übertragen werden. Dies können beispielsweise Bild- oder Videodaten sein.

Kanalzugriffsverfahren

In der digitalen Technik gibt es zwei verschiedene so genannte Kanalzugriffsverfahren: TDMA –Time

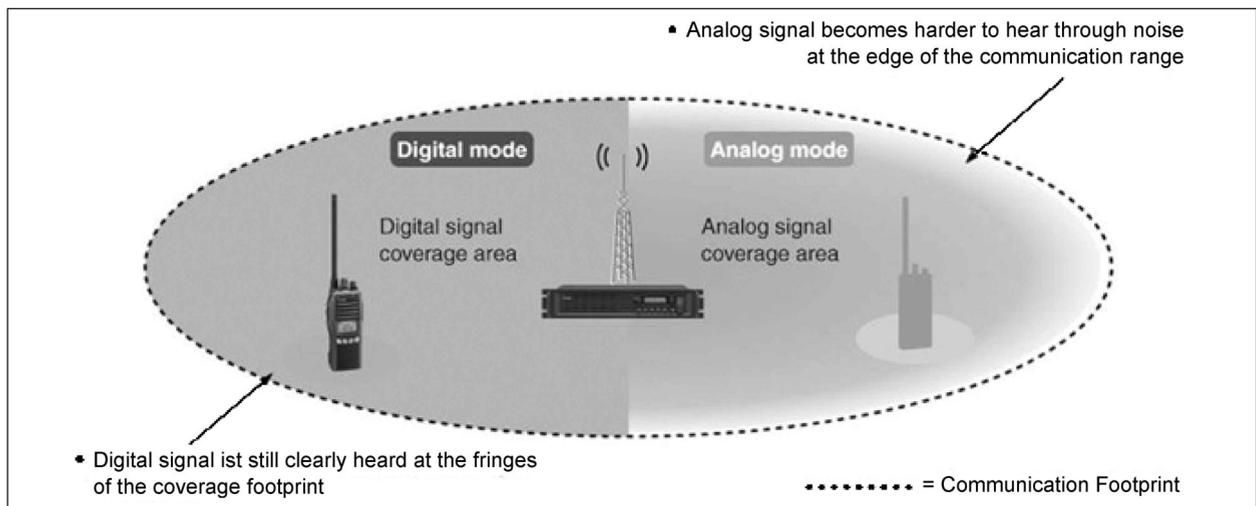


Bild 18: Digitalfunknetz mit voller Nutzbarkeit (links) – Rauschsperrung des Analogfunks (rechts) [BAUMBACH 2010]

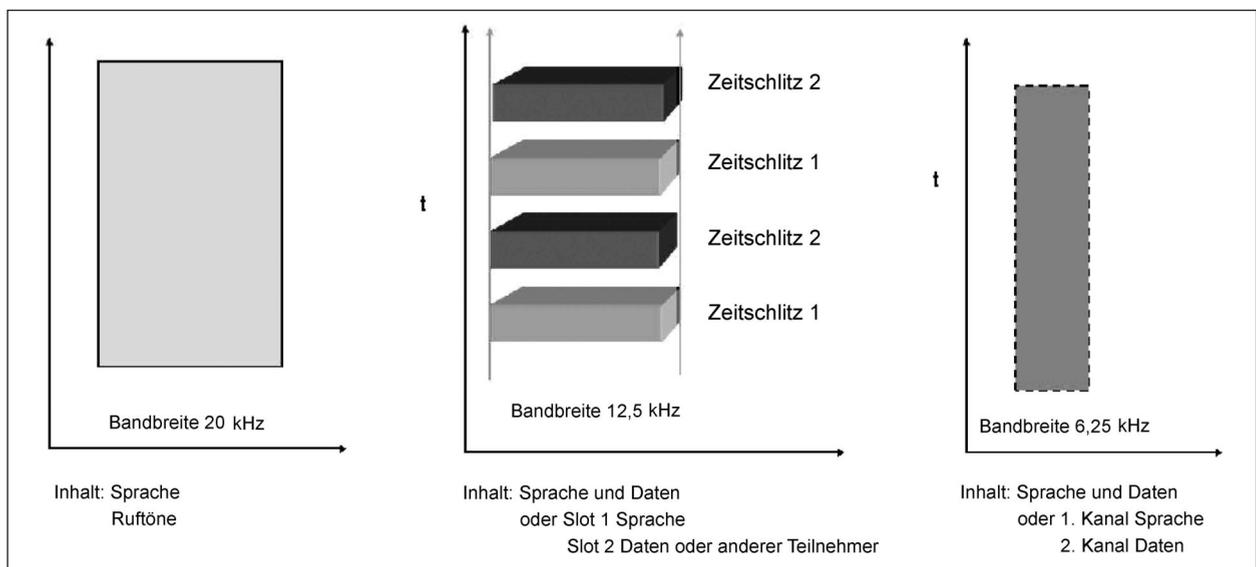


Bild 19: Übertragungsverfahren im Analog- und Digitalfunk [BAUMBACH 2010]

Division Multiple Access und FDMA – Frequency Division Multiple Access. TDMA ist als Zeitschlitzverfahren zu bezeichnen, dabei wird ein Funkkanal mit einer Bandbreite von 12,5 kHz in zwei Zeitschlitze unterteilt. Damit ergeben sich zwei Verkehrskanäle, wodurch zwei Informationen zeitgleich übertragen werden können. Beispielsweise kann die Sprachübertragung zweier Nutzer innerhalb dieser Bandbreite erfolgen oder es werden Daten parallel zur Sprache übertragen. FDMA ist ein Frequenzmodulationsverfahren, welches die vorhandene Frequenz in mehrere virtuelle Kanäle unterteilt. Ein 12,5 kHz breiter Kanal wird in zwei 6,25 kHz breite virtuelle Kanäle unterteilt, wodurch ebenfalls zwei Verkehrskanäle entstehen, welche flexibel für Daten oder Sprache zur Verfügung stehen. Möglich ist bei FDMA auch die Nutzung eines

nur 6,25 kHz breiten Kanals. Damit steht nur ein Verkehrskanal zur Verfügung, der abwechselnd für die Übertragung von Sprache oder Daten genutzt werden kann [KAITEC 2009].

4.1.2 Digitale Funksysteme

Basierend auf den beiden Kanalzugriffsverfahren gibt es vier verschiedene Funksysteme, welche im Folgenden genauer beschrieben werden.

TETRA

TETRA (Terrestrial Trunked Radio) ist ein Funksystemstandard verschiedener Hersteller, welcher nach dem Zeitmultiplexverfahren (TDMA) arbeitet. Dabei wird die Trägerfrequenz mit einer Bandbreite

von 25 kHz in vier Zeitschlitzte aufgeteilt, wobei einer der Zeitschlitzte für einen so genannten Organisationskanal verwendet wird. Die weiteren drei Zeitschlitzte dienen als Verkehrskanäle, d. h., sie stehen für Sprach- oder Datenübertragung zur Verfügung. Somit können mit einem HF-Träger drei Gespräche bzw. Übertragungen pro Zelle zeitgleich durchgeführt werden. Mit Hilfe des Organisationskanals ist darüber hinaus ein dynamisches Wechseln von Funkkanälen bei höherem Gesprächsaufkommen möglich. Kanäle sind somit nicht starr den Nutzern zugewiesen, sondern werden je nach Bedarf zugeteilt, d. h. ein Kanal kann einem Nutzer für Sprache und gleich danach einem anderen Nutzer für Daten dienen. Diese Dynamik bietet eine optimierte Nutzung der Trägerfrequenz. Außerdem ist das Bündeln von Kanälen möglich, z. B. können Daten über drei Kanäle im Bündel statt über nur einen geschickt werden. Da das Bündel eine entsprechend höhere Übertragungskapazität hat, steigert dies die Geschwindigkeit des Datenflusses. Ein TETRA-Netz kann beliebig groß aufgebaut werden und ist vor allem für sehr große Nutzerzahlen geeignet. Gegenwärtig ist TETRA nur im 70-cm-Band (UHF) verfügbar und bietet folgende Funktionen und kennzeichnende Merkmale [KAITEC 2009, BAKOM 2005]:

- Teledienste
 - Verschiedene Kommunikationswege der Funknutzer

Innerhalb der TETRA-Infrastruktur kann ein Nutzer bzw. die Zentrale gezielt ein anderen Nutzer (Einzelruf) oder eine definierte Gruppe an Teilnehmern (Gruppenruf) ansprechen. Beim Gruppenruf können alle Teilnehmer mithören und mitsprechen. Ob die Teilnehmer den Gruppenruf speziell quittieren müssen oder nicht, kann je nach Bedarf eingerichtet werden. Es kann auch eine Meldung an alle Nutzer des Netzes oder eines bestimmten Gebietes gehen (Broadcast). Ein Broadcast wird von den Empfängern nicht quittiert. Darüber hinaus kann ein offener Sprechkanal (Open Channel) für eine bestimmte Teilnehmergruppe vorübergehend zur Verfügung stehen. Dort kann jeder jeden hören und jederzeit mitsprechen. Um am Gespräch teilzunehmen, muss der Nutzer lediglich die Nummer der „Talk Group“ anwählen.
 - Direktmodus

Endgeräte in Reichweite können direkt ohne den Weg über die Netzinfrastruktur miteinander kommunizieren (vergleichbar mit Walkie-Talkie).
 - Vollduplex-Betrieb

Durch die Funktion des Vollduplex-Betriebs ist ein Gegensprechen der Gesprächspartner möglich. Beide können somit wie beim Telefon zeitgleich sprechen und sich hören.
 - Late Entry

Ein Teilnehmer kann nachträglich in einen Gruppenruf eingebunden werden.
 - Abhörmöglichkeiten

Die Zentrale kann ein laufendes Gespräch oder die Umgebung eines Funkgerätes abhören, ohne dass dies signalisiert wird. Besondere Bedeutung hat dieser Dienst für Polizeieinsätze. Die Zentrale kann kritische und gefährliche Situationen über das unbemerkte Mithören erfassen.
 - Notruf

Bei Betätigung einer entsprechenden Taste am Endgerät wird automatisch ein Notruf an die zuständige Stelle (Zentrale, definierte Gruppe) gesandt. Diese Funktion ist im Analogfunk nur unter bestimmten Randbedingungen möglich.
 - Telekommunikationsschnittstelle

Im TETRA-Netz kann auch mit gewöhnlichen Telefonnetzendgeräten kommuniziert werden. Der Aufbau der Verbindung erfolgt durch Wählen der entsprechenden Nummer. Dabei können Verbindungskosten anfallen.
- Datenübertragungsdienste
 - Statusmeldungen

Es können vordefinierte Statusmeldungen in erheblich größerem Umfang gesendet werden, als dies mit dem Funkmeldesystem FMS im Analogfunk der Fall ist.
 - (Kurz-)Textübertragungen (SDS)

Mit SDS ist ein Short-Data-Service gemeint, welcher mit SMS im Mobilfunk vergleichbar ist.
 - Übertragung beliebiger Datenformate
 - Schnittstellen

Schnittstellen zu IP-Netzen sind in der Regel im System integriert.

- Sicherheit

Ein TETRA-Netz lässt sich in den verschiedenen Komponenten redundant aufbauen.

- Verschlüsselung

Es ist eine Verschlüsselung der Luftschnittstelle und/oder an den Endgeräten möglich.

- Dynamische Gruppenbildung

Besonderheit des TETRA-Systems ist die dynamische Gruppenbildung. Die Teilnehmer des Funknetzes sind in Gruppen zusammengefasst, in denen sie kommunizieren können. Die Kommunikationen der verschiedenen Gruppen, die in einem Netz vorhanden sind, beeinflussen sich gegenseitig nicht. Entscheidend ist hierbei, dass diese Gruppen jedoch nicht starr festgelegt sind. Die einzelnen Nutzer können dynamisch je nach Bedarf verschiedenen Gruppen zugeordnet werden, je nachdem, in welchem Einsatzteam sie eingebunden werden sollen. Nutzer ohne Gruppenzuordnung kommunizieren auf einem allgemeinen Kanal [Bund-Länder-Arbeitsgruppe Schulung 2007].

Vor allem wegen der Nutzbarkeit für sehr große Teilnehmerzahlen, der Möglichkeit sicherer Verschlüsselung und der dynamischen Gruppenbildung wird das TETRA Digitalfunk-System zukünftig deutschlandweit als Funknetz für die Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS), wie Polizei, Feuerwehr, Zoll und Rettungsdienst, im Einsatz sein. Bisher haben die einzelnen BOS über voneinander unabhängige Analogfunknetze kommuniziert. Zukünftig werden diese ein gemeinsames digitales Netz verwenden. Auslöser für die Einführung eines modernen Funknetzes ist das Schengener Übereinkommen. Durch den Wegfall der innereuropäischen Grenzkontrollen und eine damit verbundene Neuordnung europäischer Polizeibehörden sollte für diese ein einheitliches Sprach- und Datenfunknetz errichtet werden. 2003 wurde schließlich in Deutschland die Einführung des Digitalfunks für die BOS durch die Bundesregierung beschlossen. Als Systemstandard hat man sich in Deutschland für TETRA entschieden. Europaweit sind sowohl TETRA als auch TETRAPOL im Einsatz [Bund-Länder-Arbeitsgruppe Schulung 2007].

TETRAPOL

TETRAPOL (Terrestrial Trunked Radio Police) bietet ähnliche Nutzungsmöglichkeiten wie das TETRA-System, obwohl die technische Funktionsweise eine völlig andere ist. TETRAPOL funktioniert im Gegensatz zu TETRA mit dem Frequenzmodulationsverfahren, weshalb beide Systeme nicht miteinander kompatibel sind. Im Frequenzmodulationsverfahren wird die verfügbare Bandbreite in virtuelle Kanäle unterteilt. TETRAPOL wird in der Regel mit vier HF-Trägern realisiert. Mit der dafür benötigten Bandbreite von 2 x 12,5 kHz ergeben sich ein Organisationskanal sowie drei Verkehrskanäle in Form der virtuellen Kanäle. Diese Verkehrskanäle stehen zeitgleich für Sprache und/oder Daten zur Verfügung und können zwischen den Nutzern dynamisch zugeteilt werden. TETRAPOL wird nur von einem Hersteller angeboten (Stand 2009) und ist wie TETRA im UHF-Band (70-cm-Band) verfügbar. Im normalen Systemumfang nicht vorgesehen ist der Vollduplexbetrieb, er kann nur mit zusätzlichem Aufwand realisiert werden. Die einzelnen Funktionen von TETRAPOL sind analog zu TETRA. Lediglich die Möglichkeit der Kanalbündelung zur Erhöhung von Übertragungsraten ist nicht gegeben [KAITEC 2009, BAKOM 2001].

DMR

Digital Mobil Radio (DMR) ist eine im Gegensatz zu TETRA und TETRAPOL relativ junge Digitalfunktechnik. Sie arbeitet mit dem Kanalzugriffsverfahren TDMA, wobei eine Bandbreite von 12,5 kHz mit zwei Zeitschlitzten verwendet wird, die als zwei Verkehrskanäle zur Verfügung stehen. Innerhalb einer Funkzelle können aufgrund der beiden Verkehrskanäle zwei Übertragungen zeitgleich stattfinden. Allerdings sind die Verkehrskanäle den entsprechenden Nutzern starr zugeordnet, d. h., die jeweiligen Endgeräte arbeiten stets auf demselben Zeitschlitz. Ist dieser belegt, kann für die entsprechenden Endgeräte in der Funkzelle kein weiteres Gespräch aufgebaut werden, auch wenn der andere Zeitschlitz gerade ungenutzt ist. Sinnvoll kann es sein, einen Zeitschlitz für Sprache und einen für Daten einzurichten. Es gibt aber auch die Möglichkeit, beide Zeitschlitzte für Sprache zu verwenden, indem die Nutzer am Endgerät eine Umschaltung zwischen den Zeitschlitzten vornehmen. Die Systemtechnik ist gegenwärtig von zwei Anbietern zu beziehen. DMR ist in den Frequenzbereichen VHF (2-m-Band) und UHF (70-cm-Band) verfügbar. Im 2-m-Band sind bei

gleicher Sendeleistung größere Reichweiten als im 70-cm-Band zu erreichen. Im Unterschied zu TETRA und TETRAPOL ist DMR (wie auch das nachfolgend beschriebene DPMR) nicht für den Aufbau beliebig großer Netze geeignet und nicht für eine Anwendung durch sehr große Nutzerzahlen aufgebaut. Nach gegenwärtigem Stand der Technik ist je nach Hersteller ggf. nur eine begrenzte Zahl von Repeatern innerhalb eines Netzes möglich, wodurch die realisierbare Netzgröße eingeschränkt wird. Nach Herstellerangaben wird sich dies zukünftig ändern. Folgende Funktionen und Merkmale kennzeichnen DMR [KAITEC 2009]:

- Teledienste
 - Verschiedene Kommunikationswege der Funknutzer
Entsprechend den anderen Funktechnologien sind die Funktionen Einzelruf, Gruppenruf, Broadcast und Open Channel möglich.
 - Direktmodus
Endgeräte in Reichweite können direkt ohne den Weg über die Netzinfrastruktur miteinander kommunizieren.
 - Semiduplex
Die Teilnehmer unterhalten sich im Wechselsprechen, d. h., während eine Seite spricht, hört die andere zu.
 - Notruf
Nur bei geeigneter Systemauslegung möglich.
 - Telekommunikationsschnittstelle
Nicht im System enthalten, aber durch zusätzliche Komponenten realisierbar.
- Datenübertragung
 - Statusmeldungen
Es können vordefinierte Statusmeldungen in erheblich größerem Umfang gesendet werden, als dies mit dem Funkmeldesystem FMS im Analogfunk der Fall ist.
 - (Kurz-)Textübertragungen (SDS)
Mit SDS ist ein Short-Data-Service gemeint, welcher mit SMS im Mobilfunk vergleichbar ist.
 - Übertragung verschiedener Datenformate
- Verschlüsselung
Eine verschlüsselte Übertragung wird durch die Infrastruktur nicht ermöglicht. Lediglich in den Endgeräten ist eine Verschlüsselung machbar.

DPMR

DPMR steht für Digital Private Mobil Radio. Die Technik ist ebenfalls sehr jung und wird derzeit von zwei Herstellern angeboten, deren Systeme jedoch nicht kompatibel sind. DPMR arbeitet mit dem Frequenzmodulationsverfahren. Auf einer Bandbreite von 6,25 kHz ist ein Verkehrskanal realisierbar. Dieser kann wechselnd für Sprach- und Datenübertragungen genutzt werden. Ein DPMR-System lässt sich mit einer Bandbreite von 12,5 kHz realisieren, wodurch zwei Verkehrskanäle zur Verfügung stehen und eine parallele Übertragung von Sprache und Daten innerhalb der Funkzelle ermöglicht wird. Wird das System nur mit einer Bandbreite von 6,25 kHz eingerichtet, ergibt sich auch nur ein Verkehrskanal. Dieser kann für Sprach- und Datenübertragung jedoch nicht zeitgleich verwendet werden. DPMR ist im 2-m- oder im 70-cm-Band verfügbar. Wie bei DMR ist bei DPMR die mögliche Netzgröße beschränkt. Auch die weiteren Funktionen sind ähnlich, weshalb nachfolgend nur die Unterschiede dargestellt werden [KAITEC 2009]:

- Notruf
Es ist die Möglichkeit zum Tätigen priorisierter Rufe gegeben.
- Late Entry
Ein Teilnehmer kann nachträglich zu einem Gruppenruf hinzukommen.

4.1.3 Vergleichende Zusammenfassung

In Tabelle 8 ist eine Übersicht über die Merkmale und Leistungen der vier beschriebenen Systeme gegeben.

Bei einem Vergleich der verschiedenen Techniken zeigt sich, dass TETRA und TETRAPOL sowie DMR und DPMR jeweils recht ähnliche Systeme sind sowie dass die beiden erstgenannten insgesamt den größeren Funktionsumfang bieten und besonders für große Nutzerzahlen konzipiert sind. Mit den TETRA- und TETRAPOL-Systemen können beliebig große, auch bundesweite Netze aufgebaut werden. Dies ist mit den Techniken DMR und DPMR nach gegenwärtigem Stand der Entwicklung nur eingeschränkt möglich. Lediglich ein Hersteller von DMR-Technik kann derart große Netze realisieren. Anderenfalls ist die Zahl an Antennenanlagen, welche in ein gemeinsames Netz integriert werden können, auf 15 bzw. 16 Stück be-

	TETRA	TETRAPOL	DMR	DPMR
Allgemeines				
Kanalzugriffsverfahren	TDMA	FDMA	TDMA	FDMA
mögliche Netzgröße/Nutzerzahl	nahezu beliebig groß	nahezu beliebig groß	Herstellerabhängig; ggf. Antennenzahl begrenzt (≤ 15)	eingeschränkt, Antennenzahl begrenzt (≤ 16)
Frequenzen	70-cm-Band	70-cm-Band	2-m-Band 70-cm-Band	2-m-Band 70-cm-Band
Sprachübertragung				
Sprachbetrieb	Vollduplex	Semiduplex; Vollduplex mit zusätzl. techn. Aufwand	Semiduplex	Semiduplex
Gesprächsfunktionen	Einzelruf, Gruppenruf, Broadcast, Open Channel, Direktmodus, Late Entry	Einzelruf, Gruppenruf, Broadcast, Open Channel, Direktmodus, Late Entry	Einzelruf, Gruppenruf, Broadcast, Open Channel, Direktmodus	Einzelruf, Gruppenruf, Broadcast, Direktmodus, Late Entry
Telekommunikation	Schnittstelle implementiert	Schnittstelle implementiert	durch zusätzliche Komponenten möglich	durch zusätzliche Komponenten möglich
Verschlüsselung	durch Infrastruktur und Endgerät	durch Infrastruktur und Endgerät	nur durch Endgerät	nur durch Endgerät
Notruf	ja	ja	bei geeigneter Systemauslegung	ja
Abhörfunktionen	ja	ja	nein	nein
Kapazität und Datenübertragung				
reguläre Bandbreite/ Kapazität (Anzahl der Verkehrskanäle)	25 kHz: 3 Verkehrskanäle & 1 Organisationskanal	2 x 12,5 kHz: 3 Verkehrskanäle & 1 Organisationskanal)	12,5 kHz: 2 Verkehrskanäle	6,25 kHz: 1 Verkehrskanal bzw. 12,5 kHz: 2 Verkehrskanäle
Datenübertragung	parallel zur Sprache möglich; dynamische Zuordnung und Bündelung von Verkehrskanälen	parallel zur Sprache möglich; dynamische Zuordnung der Verkehrskanäle	parallel zur Sprache möglich; starre Zuordnung der Verkehrskanäle	6,25 kHz: möglich, jedoch nicht parallel zur Sprache 12,5 kHz: parallel zur Sprache möglich, dynamische Zuordnung der Verkehrskanäle durch zusätzl. Systemkomponenten möglich
Max. Datenübertragungsrate [BNA 2011]	4,8 bzw. 7,2 kbit/s je Kanal (geschützt bzw. ungeschützt) durch Kanalbündelung: max. 28,8 kbit/s (ungeschützt)	4,8 bzw. 7,2 kbit/s (geschützt bzw. ungeschützt)	9,8 kbit/s bzw. 2,2 kbit/s (brutto bzw. effektiv)	4,8 kbit/s je Kanal (9,6 kbit/s durch Kanalbündelung bei 12,5 kHz Bandbreite)
Weiteres				
Systemredundanz	gegeben	gegeben	schwer möglich	schwer möglich
Überwachung der Auslastung/Teilnehmermanagement	ja	ja	eingeschränkt	eingeschränkt
zentrales Fehler/ Störmanagement	ja	ja	nein	nein
Zahl der Anbieter	mehrere	sehr gering	sehr gering	sehr gering
Migration (von Analog- zu Digitalfunk)	kein fließender Übergang möglich	kein fließender Übergang möglich	ggf. Parallelbetrieb u. Weiterverwendung von Komponenten möglich	ggf. Parallelbetrieb u. Weiterverwendung von Komponenten möglich

Tab. 8: Übersicht der digitalen Funktechnologien

grenzt [KAITEC 2009]. Die physikalische Fläche, welche damit abgedeckt werden kann, ist sehr von der Topografie des Geländes abhängig. Nach BAUMBACH [2010] lässt sich jedoch der Zuständigkeitsbereich einer Autobahnmeisterei mit einer durchschnittlichen Streckenlänge von 60 km mit 12 bis 15 Standorten gut abdecken. Eine Steigerung der realisierbaren Netzgrößen ist von den Herstellern angekündigt.

Die Funktionen zur Sprachübertragung, wie Einzelruf, Gruppenruf, Broadcast und Direktmodus, sind in allen vier Funktechnologien gleichermaßen anwendbar. Lediglich die Möglichkeit, einen Teilnehmer nachträglich in ein Gruppengespräch zu integrieren, fehlt im DMR-System. Bei den Systemen DMR und DPMR ist kein Vollduplex realisiert und somit lediglich Wechselsprechen, jedoch kein Gegensprechen wie in herkömmlicher Telefonie möglich. Weitere Unterschiede ergeben sich vor allem in der Kapazität verfügbarer Kanäle. Die notwendige Zahl der Verkehrskanäle, die ein System zur Verfügung stellen muss, ist von der Anzahl paralleler Übertragungen abhängig, die pro Funkzelle ermöglicht werden sollen. TETRA und TETRAPOL sind hierbei den anderen Systemen überlegen, da die an sich bereits größere Anzahl verfügbarer Kanäle dynamisch den Endgeräten zugeordnet wird. Damit kann eine sehr große Nutzerzahl in der Funkzelle abwechselnd von den Verkehrskanälen bedient werden und diese wechselnd für die Übertragung von Sprache und Daten nutzen. In Bezug auf die Datenübertragung ist die Bündelungsfunktion von TETRA bzw. DPMR hervorzuheben. Hierbei können die vorhandenen Verkehrskanäle vorübergehend zu einem Datenübertragungskanal zusammengefasst werden, wodurch eine erhöhte Übertragungskapazität im Vergleich zum einzelnen Verkehrskanal erreicht wird.

Den DMR- und DPMR-Systemen fehlen im Vergleich zu den anderen Techniken verschiedene Funktionen wie beispielsweise doppelte Verschlüsselung oder die Möglichkeit, Gespräche von zentraler Stelle aus abzuhören. Außerdem sind Systemredundanz, Störmanagement und Auslastungsüberwachung nicht in dem Maße wie bei TETRA und TETRAPOL gegeben. Eine TK-Schnittstelle, welche zur Anbindung von Telefonnetzen erforderlich ist, ist in allen Systemen nutzbar. Bei DMR und DPMR ist hierzu die Implementierung zusätzlicher Hardware und Software von Drittanbietern erforderlich.

Klarer Vorteil der DMR- und DPMR-Technik ist die Nutzbarkeit im 2-m und 70-cm-Band, wohingegen TETRA und TETRAPOL nur im 70-cm-Band verwendet werden können. Relevant ist dieser Aspekt zum einen beim Systemumstieg vom Analogfunk zur digitalen Technik. Antennenanlagen vorhandener Sendestandorte können weiterverwendet werden, wenn das gleiche Frequenzband der bestehenden Analogtechnik genutzt wird. Dies bringt eine merkliche Ersparnis in den Investitionskosten. Die Wahl des Frequenzbandes spielt außerdem für die Reichweite der jeweiligen Antennenanlagen eine Rolle: Die Reichweiten von Antennen im 70-cm-Band sind geringer als im 2-m-Band, wodurch mehr Funkzellen und damit auch mehr Antennenstandorte benötigt werden. Die Bundesnetzagentur teilt für die Nutzung von DMR und DPMR bevorzugt Frequenzen im 2-m-Band zu [GÖDDEL 2010]. Dass bei einem Frequenzwechsel neue Frequenzen kostenpflichtig beantragt werden müssen, ist für die Straßenbauverwaltung nicht relevant, da öffentliche Stellen von dieser Gebührenpflicht befreit sind.

Insgesamt muss der Wechsel zur digitalen Technik bei den Systemen TETRA und TETRAPOL schlagartig erfolgen. Beim Umstieg auf DMR und DPMR ist gegebenenfalls eine sanfte Migration möglich. Für DMR bzw. DPMR werden Endgeräte angeboten, welche parallel mit analoger sowie digitaler Technik funktionieren, weshalb ggf. in einer Übergangszeit beide Techniken parallel betrieben werden können [KAITEC 2009].

Die Investitionskosten zum Aufbau der Systeme sind bei DMR und DPMR aufgrund der weniger aufwendigen Systemarchitektur deutlich günstiger. Die Zahl verfügbarer Anbieter ist in Bezug auf mögliche Abhängigkeiten relevant, jedoch bei allen Techniken sehr gering. Lediglich TETRA wird von etwas mehr als 10 Herstellern angeboten [KAITEC 2009]. Auch in Bezug auf die Betriebskosten wirkt sich die höhere Komplexität von TETRA und TETRAPOL negativ aus. Sowohl Wartungsaufwand als auch Stromverbrauch sind größer [BAUMBACH 2010]. Detaillierte Kostenkennwerte für die 4 Digitalfunksysteme sind in Kapitel 6.1.3 enthalten, in dem diese mit dem Mobilfunk verglichen werden.

Die Bundesnetzagentur bewertet TETRA als System für hohe Anforderungen, welche besonders bei Anwendern aus den Bereichen BOS, Flughäfen und Bergwerke gesehen werden, gegebenenfalls werden auch Energieversorger und Nahverkehr

hinzugenommen. Der Bereich der Straßenunterhaltung wird wie auch Industrie und verschiedene kommunale Dienste als Anwendung mit mittleren Anforderungen eingruppiert, wodurch sich für diese Nutzer auch die Techniken DMR und DPMR eignen [GÖDDEL 2010].

4.2 Berührungslose Straßenzustandserkennung mit Laserspektroskopie

Eine Alternative zu den Messwerten gängiger GMA ist die berührungslose Messung des Fahrbahnzustandes mit Hilfe von Laserspektroskopie (s. Bild 20). Die Geräte senden hierzu augensichere Laserstrahlen bestimmter Wellenlängen aus. Aufgrund der unterschiedlichen Absorption verschiedener Oberflächen lässt sich aus dem Spektrum der auftreffenden Strahlen auf einzelne Größen des Oberflächenzustands schließen. Damit ist eine direkte Messung der Schichtdicke eines Wasser-, Eis- oder Schneefilms auf der Fahrbahn bis zur Untergrenze von 0,00 mm möglich. Hieraus kann die Griffigkeit bzw. Reibung der Fahrbahn in Werten zwischen 0 und 1 abgeleitet werden. Mit einer separaten optischen Messung ist es möglich, die Fahrbahnoberflächentemperatur berührungslos zu erfassen. Aus der Kombination von Griffigkeits- und Temperaturerfassung beider Sensoren kann auf die Oberflächenzustände trocken, feucht, nass, reif- oder schneebedeckt geschlossen werden [VAISALA 2009, VAISALA 2010, LUFFT 2011].

Eine Messeinheit zur berührungslosen Ermittlung des Fahrbahnzustands ist auch am Testfeld Eching bei München seit 2006 im Einsatz. Dort wird die Qualität der Messungen von Sensoren verschiedener Hersteller untersucht. Die Technische Universität München (TUM) veröffentlicht seit 2006 fortlaufend Berichte über die Einschätzung der Messqualität der einzelnen Sensoren. Das Projekt namens „Umfelddatenerfassung in Streckenbeeinflussungsanlagen, Testfeld 'Eching Ost' des Bundes“ wird von der BAST und der Autobahndirektion Südbayern betreut und vom BMVBS finanziell unterstützt. Es beteiligen sich 10 Hersteller mit ihren Sensoren am Testfeld. Die Messgrößen der Sensoren werden von der TUM aufgezeichnet und ausgewertet. Als Zwischenfazit der laufenden Berichte ergibt sich, dass insgesamt viele Sensoren, so auch der beteiligte Sensor zur berührungslosen Fahrbahnzustandserkennung, als „geeignet“ eingestuft werden, man aber zugleich noch ein weiteres Verbesserungspotenzial bei allen Herstellern sieht [BUSCH et al. 2009].

Berührungslose Sensoren sind in Bezug auf die Genauigkeit der Ausgabewerte wie die konventionellen Sensoren an die Vorgaben der DIN EN 15518-3 [DIN 2011c] gebunden und müssen diesen Anforderungen an die Messwerte zur Wasserfilmdicke und der Ermittlung des Fahrbahnzustandes genügen. Die Fahrbahngriffigkeit wird bei konventionellen GMA nicht erhoben und ist in der DIN nicht definiert. D. h. „dieser Wert ist im Rahmen der Fahrbahnzustandsbewertung für Einsatzentscheidungen durch den Betriebsdienst nicht vorgesehen. Da



Bild 20: Messstation des Landes Salzburg zur berührungslosen Messung des Fahrbahnzustandes mit dem System DSC 111 [VAISALA]

sich bei einer Zunahme von Eispartikeln auf der Fahrbahn die Griffigkeit verschlechtert, könnte dieser Wert ggf. bei Entscheidungen zu präventiven Streueinsätzen herangezogen werden [LUFFT 2011].

Ein deutlicher Vorteil der berührungslosen Sensoren besteht darin, dass die Sensoren bei einer Erneuerung der Fahrbahndecke nicht beschädigt werden. Außerdem wird bei den berührungslosen Sensoren nicht nur auf einem Punkt gemessen, sondern auf einer Fläche von ca. 20 cm Durchmesser. Durchfahrende Kraftfahrzeuge stören die Messung nicht, diese Werte werden heraus gerechnet [VAISALA 2009, VAISALA 2010].

Es befinden sich derzeit nur wenige Sensoren dieser Art auf dem Markt. Die Investitionskosten betragen ohne entsprechende Infrastruktur zur Datenübermittlung nach Angaben eines beispielhaften Herstellers 11.500 € für einen Sensor zur Griffigkeitsbestimmung und 4.500 € für einen Temperatursensor. Die nötige Wartung kann von geschultem Winterdienstpersonal durchgeführt werden.

Derzeit wird das berührungslose Messverfahren vor allem stationär eingesetzt. Sinnvoll wäre auch die mobile Messung vom Mess- oder Winterdienstfahrzeug, um die Variation des Straßenzustandes abbilden zu können [HOLLDORB 2009]. Die verwendeten Sensoren sind an sich technisch gleichwertig zu den stationären Sensoren. Es sind lediglich eine zusätzliche GPS-Komponente zur Positionsbestimmung und ein häufigeres Messen im Sekundenbereich erforderlich. Erste Tests mit dem mobilen Einsatz solcher Sensoren wurden bereits durchgeführt. In Finnland, wo optische Sensoren zur Griffigkeitsbestimmung bereits häufiger stationär eingesetzt werden, wurden auch Versuche zur mobilen Griffigkeitsbestimmung durchgeführt. Dies geschah 2009 im Rahmen des Projekts „Pulp Friction“, eines Teilbereichs von „RoadIdea“. Unter Leitung des Finnish Meteorological Institute wurden Pkw mit entsprechenden Sensoren ausgestattet sowie Testfahrten durchgeführt und ausgewertet. Die Ergebnisse der Bewertung waren gut und das System ist in Skandinavien weiterhin in der Anwendung. Darüber hinaus ist zu erwähnen, dass das Finnish Meteorological Institute ebenfalls im Zusammenhang mit „RoadIdea“ an der Entwicklung eines Modells zur Bewertung des Straßenzustands auf Basis der berührungslosen Griffigkeitserfassung gearbeitet hat. Die erfassten Griffigkeitswerte können somit neben anderen Werten in die Bewer-

tung des Straßenzustands nach drei definierten Klassen (very bad, bad, normal road weather) einfließen [HIPPI et al. 2010].

Zusammenfassend wird deutlich, dass die berührungslose Messung des Fahrbahnzustandes Daten ähnlicher Qualität und Genauigkeit liefert wie die Messung mit Sensoren, die fest in der Fahrbahn eingebaut sind. Darüber hinaus zeigt sich die Tendenz, dass die berührungslose Messung zukünftig auch mobil eingesetzt werden kann und somit nicht nur punktuelle, sondern netzbezogene Aussagen zum Fahrbahnzustand möglich werden.

4.3 Ortung von Arbeitsstellen kürzerer Dauer (AkD) über GPS

Grundlage der nachfolgend erläuterten Informationssysteme ist die Problemstellung, dass zu einer optimalen Verkehrssteuerung mit Wechselwegweiser die Verkehrslage im Netz detailliert bekannt sein muss. Vor allem in Bezug auf Tagesbaustellen ist dies meist nicht der Fall.

In Hessen gibt es ein neues System namens DORA (Dynamische Ortung von Arbeitsstellen kürzerer Dauer), mit dem auch Arbeitsstellen kürzerer Dauer (AkD) in das Verkehrsmanagement auf Autobahnen einbezogen werden und die Verkehrsführung danach gesteuert werden. Dazu sind sämtliche Absperranhänger der hessischen Autobahnmeistereien mit Ortungseinheiten ausgestattet. Über diese Geräte werden der Standort des Anhängers, die Bewegungsrichtung, Geschwindigkeit und die Schaltzustände von Leuchttafel und Pfeil an die Verkehrszentrale Hessen (VZH) übertragen. Hierfür befindet sich auf dem Anhänger eine GPS/GPRS-Einheit, die außerdem mit der Schnittstelle des Absperranhängers verbunden ist. Der Datentransfer erfolgt bei Bedarf automatisch, d. h. in der Regel bei Statusänderungen und Positionswechseln. Aus diesen Daten lassen sich der Beginn einer Baustelle sowie die vorliegende Verkehrsführung erkennen. Diese Daten werden für die Netz- und Linienbeeinflussung über Wechselverkehrszeichen verwendet. Zugleich können über die Meldungen der Absperranhänger in der VZH manuell Rundfunkmeldungen für die Fahrer generiert werden, welche vor Fahrstreifensperrungen warnen. Außerdem dienen die Daten zur Aktualisierung des Baustellenmanagementsystems (BMS) in Hessen. Intern lassen sich weitere Baustellen besser planen, wenn der Fortschritt der vorhandenen bekannt ist. Nach

einer Pilotphase ab 2003 ist das System seit 2007 in Hessen fest etabliert. In einem weiteren Schritt soll geprüft werden, ob eine Ausdehnung des Systems über das Autobahnnetz hinaus sinnvoll ist [HLSV 2010].

In Bayern wurde ein ähnliches System unter dem Namen siGGis – Sicherungsanhänger mit geografischem Informationssystem in Betrieb genommen. Nach der Testphase stellte sich heraus, dass andere Anforderungen an die gesendeten Meldungen gestellt werden und deshalb noch verschiedene Änderungen vorgenommen werden müssen. Daher läuft das System gegenwärtig nicht, soll aber zukünftig unter dem Namen DIVan – Dynamisches Informations- und Verkehrssystem wieder in Betrieb gehen [TIM].

4.4 Automatisierung von Streubreite und Streubild

Seit dem Beginn der planmäßigen Salzstreuung in den 1950er Jahren haben sich die Anforderungen an die Streutechnik wesentlich weiterentwickelt. Durch die Entwicklung des Streutellers, die wegeabhängige Streuung und die Feuchtsalz-Streuung ist es heute möglich, zielgerichtet und genau auch sehr geringe Mengen mit hohen Streugeschwindigkeiten auszubringen. Über die Weiterentwicklung der Streutechnik zur weiteren Optimierung des Streubildes hinaus gewinnen aber auch elektronische Hilfsmittel für die angepasste Steuerung des Streubildes und für die Qualitätssicherung zunehmend an Bedeutung. In Zukunft kann daher der Einsatz von LuK-Technologien zur Automatisierung des Streuens wie Thermografie, Adaption an Fahrbahnzustände sowie automatisierte Streubreiten und Streubildanpassung größere Bedeutung bekommen [HANKE 2009].

Für die optimierte Streusalzausbringung ist während der Einsatzfahrt eine Vielzahl von Einstellungen an der Streumaschine durch den Fahrer erforderlich. So muss der Streuer nicht nur mehrfach aus- und wieder eingeschaltet werden (Leer- und Wendefahrten auf der Route), sondern vor allem die Streubreite und die Streurichtung müssen laufend der Fahrbahnbreite und den abzustreuenden Nebenflächen angepasst werden. Zum Beispiel sollten Abbiegespuren, erweiterte Knotenpunktsbereiche und Bushaltestellen immer mit abgestreut werden, wofür eine größere Streubreite erforderlich ist; andererseits würde unnötig viel Salz

und dies unerwünscht auf Seitenflächen (insbesondere Grünflächen) gestreut, wenn die Streubreite nicht anschließend wieder reduziert bzw. die Streurichtung wieder angepasst wird.

Bild 21 zeigt exemplarisch eine Streufahrt über einen einfachen Knotenpunkt, bei der innerhalb von wenigen Sekunden zwei Mal die Streubreite und drei Mal die Streurichtung (Symmetrie) verändert werden müssen. Eine typische Streuroute erfordert dementsprechend zwischen 200 (Landstraßen) und 700 (städtische Gebiete) Einstellungen in zwei Stunden [KNUDSEN/SOMMER 2010]. Dies kann durch den Winterdienstfahrer in vielen Fällen nicht immer vollständig umgesetzt werden, in der Praxis werden deutlich weniger Einstellungen vorgenommen.

Bild 22 zeigt eine typische Aufzeichnung aus der Praxis. Bushaltestellen, Abbiegespuren etc. werden nur selten mit gestreut. Es ist zu erkennen, dass die Streubreite (Spreading Width) regelmäßig nachgestellt und justiert wurde, während die Einstellung des Streubildes (Symmetry) konstant gelassen wurde. Analysen haben gezeigt, dass weniger als die Hälfte aller notwendigen Anpassungen vorgenommen werden, selbst bei sehr erfahrenen Fahrern [KNUDSEN/SOMMER 2010]. Der Grund für

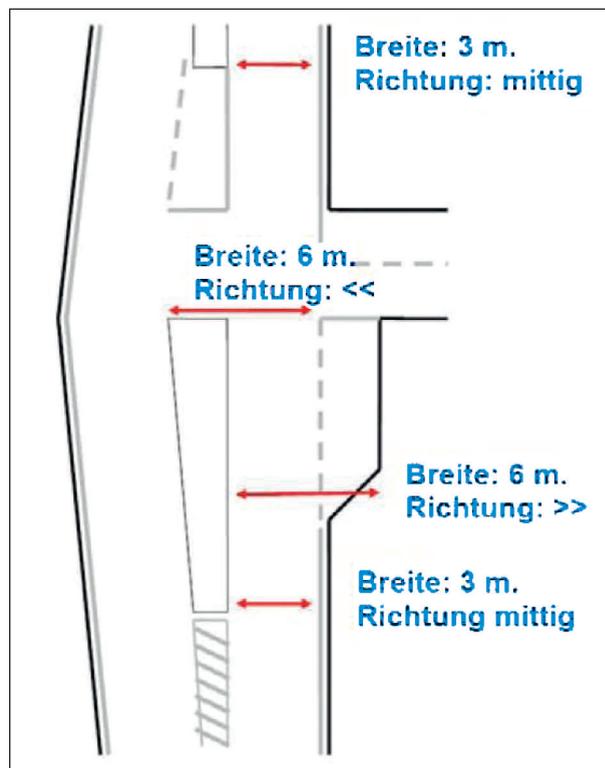


Bild 21: Notwendige Anpassung des Streuers in Streubreite und Streurichtung (Asymmetrie) bei der Fahrt über einen Knotenpunkt [HANKE 2009]

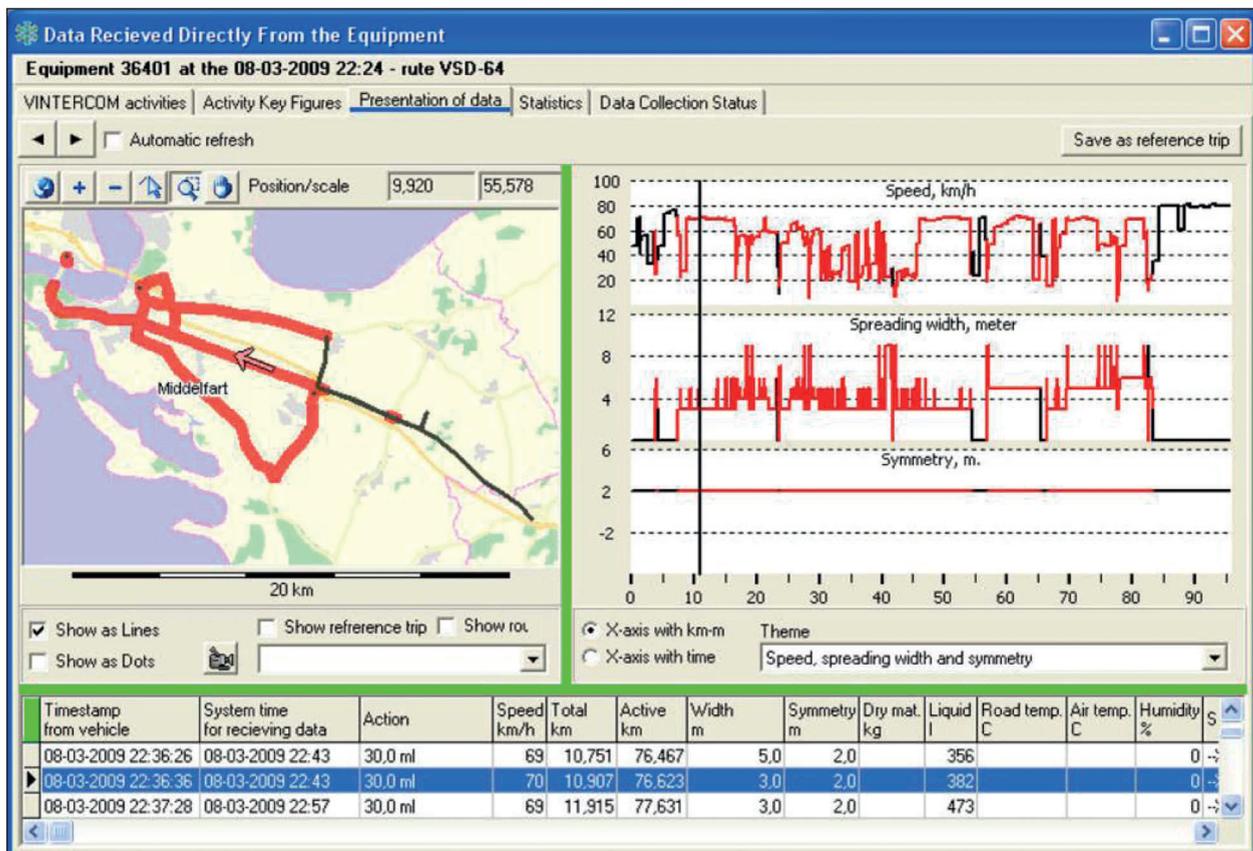


Bild 22: Aufgezeichnete Winterdienstroute mit Darstellung von Streubreite und Streubild (Dänisches System Vinterman) [KNUDSEN/SOMMER 2010]

unzureichende Streueranpassungen ist, dass es fast unmöglich ist, alle Anpassungen unter Berücksichtigung der Verkehrssituation, des Durchfahrens von Knotenpunkten etc. manuell richtig zu machen.

Für die automatisierte Streubreiten- und Streubildanpassung werden vor Winterbeginn die gewünschten Fahrrouten in einer Lernfahrt langsam abgefahren und dabei die erforderlichen Streumaschineneinstellungen vorgenommen und abgespeichert. Während des Winterdiensteinsatzes werden die Daten dann nur noch aus dem Speicher in Abhängigkeit der über GPS erfassten Position des Winterdienstfahrzeuges abgerufen. Der Fahrer muss sozusagen nur noch zum Ausgangspunkt der Streuroute fahren und mit der automatisierten Streuung beginnen. Das System ist des Weiteren dann in der Lage, die Fahrer ähnlich wie bei einem herkömmlichen Navigationsgerät im Pkw zu navigieren. Der große Vorteil dieses Systems liegt auf der Hand: das Streuen aller erforderlichen Flächen in hoher Präzision und Genauigkeit, was eine sehr gute Qualität zur Folge hat, bei gleichzeitig deutlicher Entlastung des Fahrers. Des Weiteren wird die Verkehrssicherheit gesteigert, weil sich der Fahrer

nur noch auf das Kontrollieren des Streuers und auf das Fahren des Fahrzeuges konzentrieren kann und somit dem Verkehr besser folgen kann [HANKE 2009].

Im Jahr 2003 wurde das Projekt „GPS-gesteuertes Streuen“ in Dänemark in Zusammenarbeit mit einem Streumaschinenhersteller initiiert, um diese Automatisierung des Streuvorganges umzusetzen. Während des Winters 2004/2005 standen die ersten Prototypen zur Verfügung und im Winter 2009/2010 wurde die GPS-gesteuerte Salzausbringung auf mehr als 100 Routen in städtischen und ländlichen Gebieten eingesetzt. Der Projektschwerpunkt lag auf zwei wichtigen Faktoren. Das System sollte genau, einfach und intuitiv sein, ohne den Fahrer dabei zu stören. In der Praxis hat sich jedoch gezeigt, dass es auch ein wichtiger Punkt ist, dass der Fahrer weiterhin manuell eingreifen kann, zum Beispiel für Änderungen des Streubildes auf Grund von starken Seitenwinden oder der Streubreite aufgrund der verkehrlichen Situation. Ebenso kann eingegriffen werden, wenn der Fahrer die Strecke verlässt, den Einsatz unterbricht und später fortsetzt. Der Vergleich der mit der automatischen

Datenerfassung erfassten Einsatzdaten hat gezeigt, dass die Qualität durch die automatische, GPS-gesteuerte Salzausbringung verbessert werden konnte. Es wird eine viel genauere und wiederholbare Salzausbringung möglich, des Weiteren wurden Bushaltestellen, Abbiegespuren etc. nicht mehr vergessen. Die Winterdienstfahrer reagieren sehr positiv auf diese Technologie. Die Arbeit wird erleichtert und sie haben mehr Zeit, sich auf den Verkehr zu konzentrieren. Selbst erfahrene Fahrer sagen, dass mit Hilfe der GPS-gesteuerten Ausbringung ein besseres Ergebnis erzielt werden kann, als es jemals zuvor manuell möglich gewesen wäre [KNUDSEN/SOMMER 2010, COST 2008].

Zusammenfassend wird deutlich, dass die Zunahme an Erkenntnissen und Erfahrungen zur Wirksamkeit von Tausalzen im Winterdienst und die Verbesserung der Streutechnik zu einer stetig weiter differenzierten Einsatzstrategie im Winterdienst geführt haben. Doch die beste Technik und Einsatzstrategie nützen wenig, wenn sie vom Einsatzpersonal nicht zielgerichtet und differenziert eingesetzt werden können. Daher sind Systeme zur automatischen Anpassung der Streumaschine sehr sinnvoll, sie ermöglichen eine differenzierte, den örtlichen Anforderungen angepasste Streustoffausbringung. Hierdurch wird die Qualität des Winterdienstes verbessert, der Streustoffverbrauch tendenziell reduziert und der Fahrer entlastet. Dies kann sich auch auf die Verkehrssicherheit positiv auswirken, da der Fahrer den Streuer im Regelbetrieb nicht mehr manuell zu bedienen hat. Diesen Vorteilen sind die zusätzlichen organisatorischen und finanziellen Aufwendungen für Implementierung und fortlaufenden Betrieb der Systeme gegenüberzustellen.

4.5 Salzmanagement

Für einen effizienten Winterdienst ist es von großer Bedeutung, die Einsatzrouten durch Minimierung der Leerwege zu optimieren. Hierzu können dezentrale Lademöglichkeiten für Streustoffe auch außerhalb der Meistereistandorte einen wichtigen Beitrag leisten. Für die Winterdienstverantwortlichen ergibt sich daher die Aufgabe, dafür zu sorgen, dass einerseits genügend Vorräte an Streusalz bereitgehalten werden, um den Bedarf bei entsprechender Witterung sicher abdecken zu können, Andererseits wäre es unwirtschaftlich, unnötige Streusalzmengen einzulagern. Dies würde unnötigerweise Finanzmittel binden, sowohl für das Salz selbst als

auch für die entsprechenden Lagereinrichtungen [COST 2008].

Die Aufgabe besteht darin, jederzeit einen Überblick über alle Salzlagerstätten und deren Füllstände zu haben. In der Praxis geschieht dies heutzutage noch meist mit visuellen Kontrollen bei teilweise zeitaufwändigen Fahrten zu den Salzlagern. Oftmals werden die Entnahmemengen nur unzureichend oder gar nicht protokolliert. Zur Bewirtschaftung des Streusalzes haben daher verschiedene Hersteller Systeme zur Lagerbewirtschaftung, so genannte Salzmanager, entwickelt. In diesen Systemen können in Echtzeit in einer Übersicht aktuelle Salzbestände in den angeschlossenen Salzlagern eingesehen werden. Salzmanager sind Transaktionsplattformen im Internet, bei denen registrierte Benutzer online Zugang zu die entsprechenden Daten haben. Die Daten können entsprechend den Hierarchiestufen eingruppiert und aggregiert werden. Beispielsweise kann ein Meistereileiter nur Salzlager in seinem Verantwortungsbereich sehen, hingegen auf Landesebene können alle Salzlager im gesamten Bundesland gesehen werden.

Es bestehen verschiedene Optionen für die Erfassung der aktuellen Lagerbestände. Die Füllstände können zum einen zeitnah manuell durch die Eingabe von Entnahme und Lieferung gepflegt werden. Zum anderen gibt es automatisierte Füllstandmessungen in Hallen, Silos und Tanks. Der Einsatz moderner automatisierter Füllstandmesstechnik ist vor allem an nicht besetzten Nachladestützpunkten vorteilhaft, da zeit- und kostenintensive Kontrollfahrten zur Lagerstandsermittlung vermieden werden können.

Die Füllstanderfassung in Lagerhallen kann durch Bilder einer Webcam erfolgen. Der Einsatz eines Bildauswertungsprogramms ermöglicht die automatische Ermittlung des Füllstandes, welcher im Salzmanager als aktueller Lagerbestand gebucht wird. Diese Füllstandermittlung ist ausreichend genau für die Disposition der Nachlieferungen. In Silos kann der aktuelle Füllstand durch den Einsatz eines Radarsensors automatisch ermittelt werden. Der Radarsensor misst die Distanz zwischen dem Silodach und der aktuellen Schütthöhe des Schüttgutes. Aus der gemessenen Distanz sowie den Siloabmessungen wird der momentane Füllstand errechnet, der dann im Salzmanager eingesehen werden kann. Auch ist die Messung mit Ultraschall möglich. Diese liefert in der Praxis eine Genauigkeit von ± 5 t, was für eine Bewirtschaftung der Bestän-

de durchaus befriedigend ist. Allerdings besteht die Gefahr, dass durch so genannte „Salzbrücken“ im Silo der Bestand fehlerhaft gemessen wird. Alternativ können die Salzsilos auf Wiegezellen, die an den Füßen der Silos montiert sind, gestellt werden, sodass jederzeit das Gesamtgewicht gemessen wird und daraus unmittelbar der Lagerbestand abgeleitet werden kann.

Die Füllstandmessung in Lagertanks für Sole erfolgt wahlweise über einen Ultraschallsensor oder durch Drucksensoren. Beide Messvarianten bieten eine sehr hohe Messgenauigkeit (± 20 kg) für die Ermittlung des aktuellen Füllstands. Gegenüber der Ultraschallmessung hat die Messung mittels Drucksensoren den Vorteil, dass sie neben dem aktuellen Füllstand auch die Solekonzentration messen kann. So steht dem Winterdienstverantwortlichen jederzeit ein Instrument zur Qualitätssicherung zur Verfügung.

Bei allen genannten Füllstandmeseinrichtungen hat der Anwender jederzeit einen Überblick über seine aktuellen Bestände sowie über die Lagerbestandsentwicklung. Sollen zusätzlich zur Entwicklung des Lagerbestands die Entnahmemengen genau aufgezeichnet werden, sodass diese auch einzelnen Entnehmern zugeordnet werden können, ist eine Benutzeridentifikation notwendig. Die Identifikation kann beispielsweise durch Identifizierungschip vor der Entnahme der Streustoffe am Silo erfolgen, um so später die Entnahmemenge auch unterschiedlichen Fahrzeugen oder Baulastträgern eindeutig zuzuweisen.

Das Silo kann so weit automatisiert werden, dass jedes Streufahrzeug, das Streusalz entnimmt, mit einem Identifizierungschip ausgestattet wird, auf dem alle relevanten Daten hinterlegt sind. Beispielsweise sind die Benutzerdaten, Fahrzeugtyp, Ladekapazität etc. hinterlegt, so kann eine Füllmenge automatisch vorgeschlagen werden, die vom Fahrer bestätigt oder ggf. korrigiert werden muss. Ebenfalls ist so eine einfache und bequeme Abrechnung, beispielsweise bei Fremdunternehmern, möglich. Vorteil ist eine große Arbeitserleichterung für die Fahrer. Für neu zu errichtende (oder auch bestehende Silos) kann ein Silomanagement implementiert werden. Dies besteht aus einer Benutzererkennung, einer automatischen Streuerbefüllung sowie der Statusüberwachung der gesamten Siloanlage (Fernwartung).

Eine Alternative zu automatisierten Füllstandmesstechnik ist das Wiegen der Lkw vor und nach der

Entnahme bzw. Befüllung. Durch das zweimalige Wiegen vorher und nachher können die Gewichts-differenz und somit die Entnahme- bzw. Beschickungsmenge ermittelt werden. Wird diese Menge automatisiert ins System gemeldet, so lässt sich der aktuelle Füllstand ohne weitere Messungen am Silo genau nachvollziehen. Die Zuordnung der Entnahmemengen zu den Fahrzeugen kann ebenfalls über Identifizierungschips oder durch manuelle Systemeingabe erfolgen.

Die Datenübertragung der an den Silos, Lagerstätten, Lagertanks etc. erhobenen Daten kann über GSM/GPRS, Datenkabel, Richtfunk oder WLAN am Gehört ins System erfolgen. Die Aufzeichnung der Füllstände erfolgt in einer im System integrierten Datenbank. Über die webbasierte Benutzeroberfläche kann der Benutzer so jederzeit die aktuellen Füllstände abrufen. Des Weiteren können Meldungen über Füllstände beispielsweise bei Unterschreitung eines Mindestwertes oder nach Befüllung per SMS auf ein Mobiltelefon verschickt werden, sodass der Verantwortliche jederzeit über den aktuellen Stand bestens in Kenntnis ist [SWS-Winterdienst 2010].

Es stehen vielfältige Auswertemöglichkeiten zur Verfügung: Die Füllstandentwicklung eines Lagers kann über selektierbare Zeiträume angezeigt werden. Es können Lieferungen und Entnahmen tabellarisch und grafisch dargestellt werden, um so die Lagerbestandsentwicklung im Zeitablauf nachvollziehen zu können. Mit verschiedenen Filterkriterien können Balkendiagramme erstellt werden, die die Winterdiensttätigkeit veranschaulichen. Sämtliche Salzlager können an ihren Standorten und dem zuständigen Straßenbezirk mit dem dazugehörigen Straßennetz kartografisch dargestellt werden. Es ergibt sich dadurch eine aktuelle, gut visualisierte Übersicht über die Salzbestände der einzelnen Salzlager. Darüber hinaus können auch einige Betriebszustände angezeigt bzw. Störungen signalisiert werden. Aufgrund der jederzeit aktuell vorliegenden Daten zum Streustoffbestand kann bei Bedarf ein meistereiübergreifendes Salzmanagement implementiert werden, sodass z. B. auch bei Lieferengpässen die verfügbaren Streustoffe bedarfsangepasst auf die einzelnen Salzlager verteilt werden können.

Optional kann zusätzlich ein automatisches Bestellwesen implementiert werden. Hierzu müssen verschiedene Parameter definiert werden, wie beispielsweise Mindestbestand an Salz oder Sole,

Lagerkapazität, Sollbestände etc., sodass Bestellungen vom System vorgeschlagen werden. Der Verantwortliche muss die Bestellmenge ggf. ändern und anschließend bestätigen. Alternativ kann der Bestellvorgang auch vollautomatisch durchgeführt werden. Durch die Verknüpfung des Salzmanagementsystems mit dem Logistiksystem des Lieferanten können die Bestellungen im Lieferarchiv dargestellt werden. Es besteht somit jederzeit die Möglichkeit, den aktuellen Status der Lieferung einzusehen und zu überwachen (Füllmengenverfolgung) [MÜHLBERGER 2006, SWS-Winterdienst 2010]. In Bild 23 ist schematisch die Funktionsweise eines Salzmanagementsystems mit Einbeziehung des Lieferanten abgebildet (Füllstandmanagement).

Im Winter 2009/2010 hat beispielsweise das Saarland neben weiteren Optimierungen auch ein Salzmanagement erfolgreich implementiert. Hauptziel war es, durch ein effizientes Salzmanagement Kosten und Zeit im gesamten Winterdienst einzusparen. Vor der Implementierung des Salzmanagements wurde eine Routenoptimierung für den Winterdienst vorgenommen, um die Standorte der Salzlager zu optimieren. Für jedes Salzlager wurden erforderliche Vorhaltemengen an Salz berechnet und mit den vorhandenen Salzlagerkapazitäten verglichen. Sole wird in daran angepassten Mengen bevorratet. Unter Berücksichtigung einer dreitägigen Lieferfrist und von zwei Tagen Pufferzeit hat sich das Fünffache des maximalen Tagesbedarfs bei Volleinsatz (24 Stunden) als optimale Vorhaltemenge ergeben. Die Überwachung der Salzlagerhallen geschieht mittels Webcams, die Silos werden mit Ultraschallsensoren überwacht. Durch das Salzmanagement soll nicht nur eine verbrauchsge-

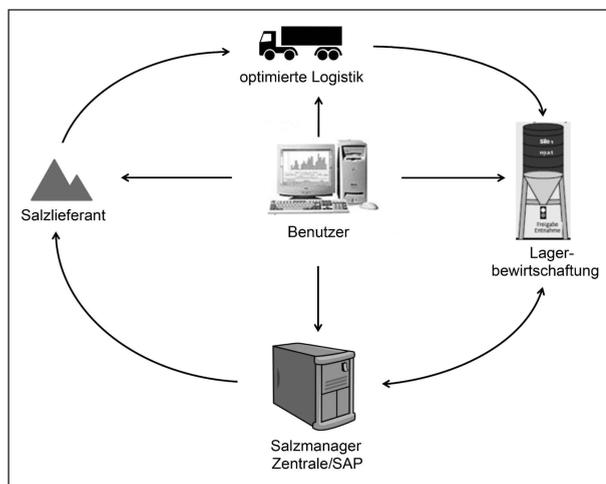


Bild 23: Beispiel eines Salzmanagementsystems [MÜHLBERGER 2006]

rechte Vorratshaltung der Streustoffe erreicht werden, sondern es können u. a. zusätzlich Zeit und Kosten bei der Salzbestellung und -lieferung eingespart werden [HANKE 2010].

Zusammenfassend wird deutlich, dass ein Salzmanagementsystem für größere Verwaltungseinheiten, z. B. auf Landesebene, besonders effizient ist. Die mit einem Salzmanagement möglichen Optimierungspotenziale können in der Regel nur im Zusammenhang mit weiteren Optimierungen im Winterdienst realisiert werden, z. B. der Minimierung der Ladezeiten für Streustoffe und Sole, der Routenoptimierung im Winterdienst sowie der Berücksichtigung unterschiedlicher Nutzer, d. h. auch von Kommunen und Fremdunternehmern. Durch ein effizientes Salzmanagement kann somit der Winterdienst kostengünstiger und effizienter erfolgen und der Verwaltungsaufwand für die Streustoffbevorratung deutlich reduziert werden. Weiterhin kann es ein Werkzeug sein, auch bei Lieferengpässen vorhandene Lagerbestände optimal zu nutzen und anstehende Lieferungen bedarfsgerecht zu verteilen.

4.6 Personenwarnsysteme

4.6.1 Lkw-Warnung über CB-Funk

Eine Möglichkeit, Unfälle mit Warn- und Absperrfahrzeugen zu verhindern, besteht darin, die Lkw-Fahrer rechtzeitig mit Hilfe von CB-Funk über die aufgestellten Anhänger zu informieren. 90 % der Lkw-Fahrer sind laut Systemanbieter mit Funk-Empfangsgeräten für den CB-Funk ausgestattet. Sicherungsanhänger und weitere Arbeitsfahrzeuge, wie Kehrmaschinen oder Geräteträger, der Autobahnmeistereien werden mit Funksendern ausgerüstet (s. Bild 24). Die Funksender der Absperranhänger senden auf dem entsprechenden Kanal permanent eine Warnung aus. Da die Funkempfänger der Lkw in der Regel auf einem Notruf- oder Anrufrkanal im Standby-Betrieb stehen, sofern nicht gerade unmittelbar gesprochen wird, können die Lkw-Fahrer die Warnmeldung empfangen und somit über die Gefahr informiert werden. Die Sendeleistung und Antennenstrahlrichtung der Warnsender können so eingestellt werden, dass möglichst nur der Lkw-Fahrer informiert wird, der in Fahrtrichtung auf die Gefahrenstelle zufährt. Die Reichweite wird dazu auf 200 m bis 300 m eingestellt. Bei einer Fahrgeschwindigkeit von 80 km/h ist die Zeit ausreichend, damit der Fahrer die Meldung hört, wahrnimmt und reagiert.

Die Meldungen werden nicht nur auf dem üblichen deutschen Notruf- und Anrufkanal gesendet, sondern auch auf den Kanälen, die ausländische Fahrer häufig nutzen. Hierfür ist der vorprogrammierte Warntext zusätzlich in verschiedenen Sprachen verfügbar. Es können auch beliebige Texte und andere Sprachen vom Hersteller eingestellt werden. Ergänzend ist zu erwähnen, dass über einen Radarsensor erkannt wird, wenn der Verkehr sehr langsam fließt; dann stellt das System die Warnungen automatisch aus, um Lkw-Fahrer nicht unnötig zu belästigen.

Neben dem Anbau der Funksender an die Sicherunganhänger und andere Fahrzeuge gibt es auch Leitkegel mit integriertem Warnsender (s. Bild 24). Diese können vor beliebigen Gefahrenstellen aufgestellt werden und funktionieren nach dem gleichen Prinzip. Da sie weiter entfernt von der Gefahrensituation aufgestellt werden können, ist ihre Funkreichweite kürzer [B&E Nachrichtentechnik 2009].

Neben dieser Warnung vor AkD ist auch die Verwendung für die verschiedenen BOS denkbar. Eine im Fahrzeug von Polizei oder Feuerwehr eingebaute Antenne kann Meldungen in Fahrtrichtung nach vorne verbreiten und so Lkw bspw. zum Bilden einer Rettungsgasse auffordern. Auf ähnliche Weise kann das System auch für den Winterdienst interessant sein. Es können im Stau stehende Fahrzeuge darüber informiert werden, dass ein Winterdienstfahrzeug naht und sie eine Durchfahrtsgasse frei machen müssen.

Praxistests des Systems haben gezeigt, dass es zuverlässig und ohne zusätzliche Belastung für das Betriebsdienstpersonal in stationären und mobilen

AkD verwendet werden kann. Außerdem gaben Lkw-Fahrer bei einer Befragung an, dass sie die akustische Warnung an sie als positiv empfinden. In der Autobahndirektion Nordbayern sind nach ERHARDT [2009] seit System Einführung Mitte 2008 bis September 2009 nur drei Auffahrunfälle von Lkw auf Absperranhänger registriert worden. Diese Lkw hatten keinen CB-Funk installiert oder die Fahrer konnten keine der ausgesendeten Sprachen verstehen. Zum Vergleich: 2005 waren insgesamt 22 Auffahrunfälle auf Sicherungsfahrzeuge in Arbeitsstellen kürzerer Dauer zu verzeichnen, die Anzahl stieg bis 2008 auf 41 Unfälle an. Es liegen jedoch aufgrund der kurzen Zeitspanne seit System Einführung noch keine statistisch gesicherten Aussagen über die Wirksamkeit des Systems vor [ERHARDT 2009, ERHARDT 2010].

4.6.2 Standstreifenüberwachung mit Laserdetektor

Bei diesem Personenwarnsystem liegt das Grundprinzip darin, Fahrzeuge, die sich den Warneinrichtungen gefährlich nähern, zu erkennen und über rechtzeitige Warnsignale die Arbeitskräfte hinter der Absperrung auf die Gefahr aufmerksam zu machen. Die Erkennung eines potenziell drohenden Unfalls erfolgt über einen Laserdetektor, der in der Regel im Absperranhänger angebracht ist (s. Bild 25). Wenn sich ein Lkw oder Pkw auf dem abgesperrten Fahr- oder dem Standstreifen dem Detektor zu schnell nähert oder zu nahe an diesen herankommt, wird Alarm ausgelöst. Der Laserdetektor kann manuell oder über eine Fernsteuerung auf die betreffende Fahrspur eingestellt werden. Die Alarmierung des Arbeitspersonals besteht aus akusti-

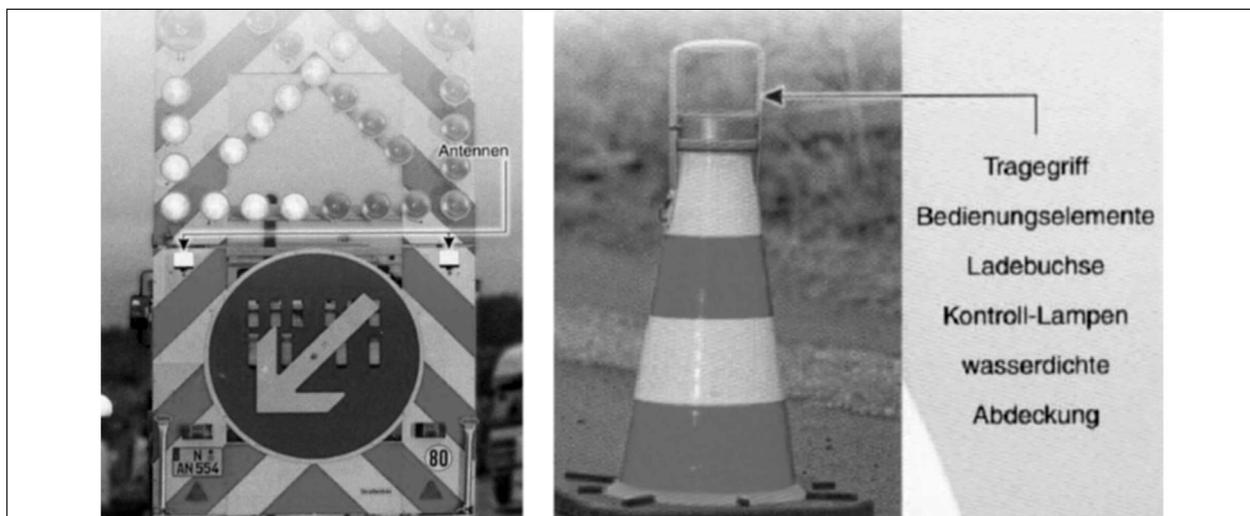


Bild 24: Absperranhänger und Leitkegel mit Alarmsender über CB-Funk [B&E Nachrichtentechnik 2009]

schen und optischen Signalen. Diese verhindern den Auffahrunfall des Fahrzeuges nicht, geben aber den Personen an der Arbeitsstelle die Möglichkeit, sich rechtzeitig hinter die Schutzplanken in Sicherheit zu bringen. Die Intensität der Warnsignale nimmt mit dem Näherkommen des Fahrzeuges an die Absperrung zu. Laut Herstellerangaben ist die Anwendung auch bei beweglichen AkD möglich. Bei langsamer Fahrt kann die Ausrichtung des Detektors über Fernsteuerung im Fahrerhaus fortwährend erfolgen.

Zusätzlich zur Anbringung der Laserdetektoren an die verschiedenen Fahrzeuge kann auch eine separate Aufstellung auf einem Stativ erfolgen. Auch bei der Anbringung der Warneinheit gibt es verschiedene Komponenten. So kann sich das Gerät, welches die Warnsignale sendet, auch auf dem Servicefahrzeug befinden oder es ist eine Aufstellung der Warneinheit entfernt vom Laserdetektor möglich. Hierfür erfolgt die Übertragung der Gefahrenmeldung vom Laserdetektor an die Warneinheit über Funk. Außerdem gibt es eine mobile Warnstation, welche man noch vor dem Absperranhänger aufstellt. Diese erfasst die Annäherung der Fahrzeuge und gibt an diese gerichtet einen sehr lauten eindringlichen Warnton ab, womit eventuell der Auffahrunfall verhindert werden kann [NISSEN 2009].

Der Einsatz in der Praxis hat jedoch verschiedene Probleme aufgezeigt. Einerseits gibt es Funktionsstörungen infolge von Abschattungen, andererseits kommt es aufgrund ungenauer Justierung, insbe-

sondere in Kurvenbereichen, zu Fehlalarmen. Außerdem ist die Vorwarnzeit sehr kurz, weshalb sich die Systeme nur eingeschränkt bewährt haben [ERHARDT 2010].

5 Beschreibung innovativer IuK-Technologien mit Potenzialen für den Straßenbetriebsdienst

5.1 Verbesserte satellitengestützte Positionserfassung

5.1.1 Fehlerquellen im konventionellen GPS

Gegenwärtig gibt es im Bereich der Global Navigation Satellite Systems (GNSS) bereits das US-amerikanische System NAVSTAR-GPS und die russische Version mit dem Namen GLONASS. Beide Systeme sind ursprünglich zur militärischen Nutzung entwickelt worden. Das GPS ist gegenwärtig auch in Deutschland für vielerlei zivile Dienste in Gebrauch. Der Begriff Global Navigation Satellite System bezeichnet allgemein die Technik der Positionsbestimmung über Satelliten unabhängig vom verwendeten Satellitensystem. Der verwendete Begriff GPS bezieht sich ursprünglich lediglich auf die Verwendung der US-amerikanischen Satelliten [LGN 2010], wird aber im Nachfolgenden aufgrund seiner Verbreitung im allgemeinen Sprachgebrauch generell für die satellitengestützte Positionsbestimmung verwendet.

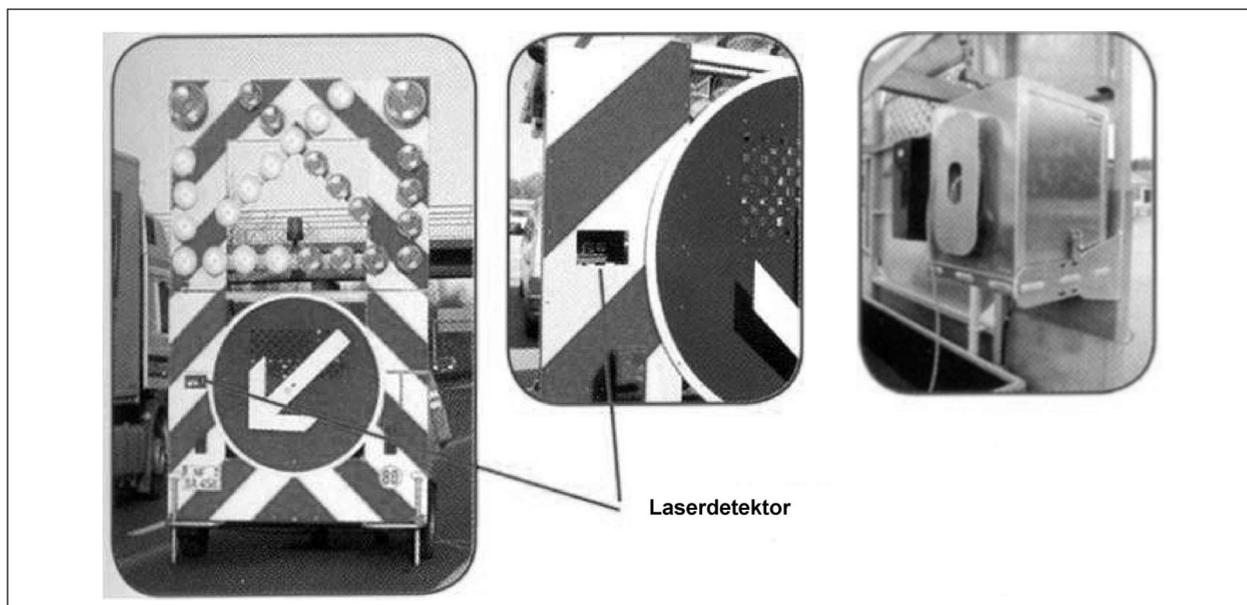


Bild 25: Laserwarnsystem am Absperranhänger [NISSEN 2009]

Bei konventionellem GPS wird eine Positionsermittlung mit Hilfe umlaufender Satelliten durchgeführt. Die erreichbare Genauigkeit ist von verschiedenen Einflüssen abhängig. Die größte Fehlerquelle des GPS lag früher in der Selective Availability (SA), einer künstlichen Verfälschung der GPS-Signale durch das US-Verteidigungsministerium, welche bei zivilen GPS-Empfängern eine Ungenauigkeit von 50 bis 150 Metern verursachte. Seit Mai 2000 ist die SA abgeschaltet und eine wesentlich genauere Positionsbestimmung möglich, die jedoch weiteren Fehlerquellen unterliegt [KÖHNE/WÖSSNER 2011]:

- Satellitengeometrie

Der Begriff Satellitengeometrie bezieht sich auf die vom Empfänger aus gesehene Stellung der empfangenen Satelliten. Bei einer guten Satellitengeometrie liegen diese möglichst gut in den vier Himmelsrichtungen über dem Empfänger verteilt. Eine schlechte Geometrie liegt vor, wenn beispielsweise alle verfügbaren Satelliten nördlich oder südlich vom Empfänger liegen. Bild 26 zeigt schematisch gute und schlechte Geometrie auf. Die grauen Ringe um die Satelliten stellen die Laufzeitkreise dar, die aufgrund von Messungenauigkeiten nicht exakt bestimmbar sind. Dunkelgrau dargestellt ist die Fläche, innerhalb derer die Position ermittelt wird. Bei einer schlechten Satellitengeometrie ergeben sich eine lang gezogene Schnittfläche der Position und damit eine ungenauere Positionsbestimmung. Bei ungünstiger Satellitengeometrie sind Fehler von bis zu 150 Metern möglich bzw. es kann vorkommen, dass keine Positionsbestimmung durchführbar ist. Entsprechend schwierig ist somit eine Positionsbestimmung, wenn Satelliten auf einer Seite des Empfängers durch Gebäude o. Ä. abgeschattet werden und nur durch die verbleiben-

den, eher ungünstigen Satelliten eine Positionsbestimmung erfolgen kann.

Die Satellitengeometrie stellt die größte Fehlerquelle bei der Positionsbestimmung dar. Viele GPS-Empfänger zeigen dem Nutzer die Qualität der Satellitengeometrie in Form so genannter DOP-Werte (Dilution of Precision) an. Des Weiteren kann eine Anzeige die Lage verfügbarer Satelliten aufzeigen und dem Nutzer helfen, ggf. eine Position besserer Satellitengeometrie, z. B. durch geringere Abschattung, zu finden. Der durchschnittliche Fehler aufgrund schlechter Satellitengeometrie kann nicht zahlenmäßig ausgedrückt werden, vielmehr verstärkt eine schlechte Satellitengeometrie die nachfolgend beschriebenen Fehler.

- Satellitenumlaufbahnen

Durch Gravitationskräfte von Sonne und Mond werden die Satellitenumlaufbahnen beeinflusst. Da die Bahnen jedoch regelmäßig überwacht und kontrolliert werden, ergibt sich daraus ein relativ kleiner Fehler von ca. zwei Metern.

- Mehrwegeeffekt

Der Mehrwegeeffekt ergibt sich durch Reflexion der Satellitensignale an hohen Gebäuden o. Ä. Der Empfänger erhält nicht nur die tatsächlichen, sondern auch reflektierte Signale, welche die Position typischerweise um ca. einen Meter verfälschen. Je nach Qualität der GPS-Antenne kann der Empfang reflektierter Satellitensignale mehr oder weniger gut unterdrückt werden.

- Atmosphärische Effekte

Innerhalb der Ionosphäre und Troposphäre der Erde ist die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Satellitensignale im Vergleich zur Lichtge-

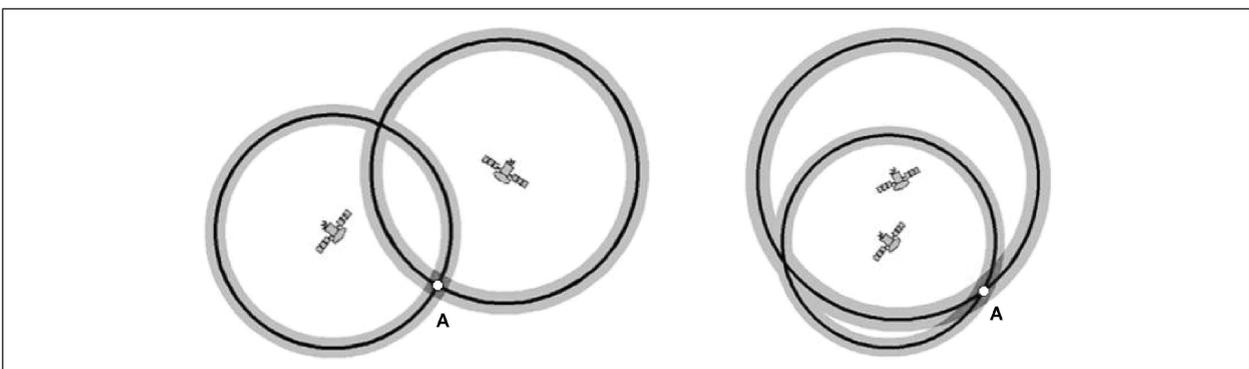


Bild 26: Gute (links) und schlechte (rechts) Satellitengeometrie [KÖHNE/WÖSSNER 2011]

schwindigkeit des Weltalls verringert. Durch Berechnungen im Empfänger wird diese verlängerte Laufzeit der Signale größtenteils kompensiert. Allerdings lassen einzelne Ereignisse in der Atmosphäre wie beispielsweise Sonnenwinde Fehler im Bereich von fünf Metern auftreten, welche nicht kompensiert werden können.

- Uhrenungenauigkeit und Rechenfehler

Trotz Synchronisierung verursachen verbleibende Ungenauigkeiten der Empfängeruhr einen Positionsbestimmungsfehler von zwei Metern. Rundungs- und Rechenfehler der Empfänger bewirken etwa einen Meter Ungenauigkeit.

Die Genauigkeit der Positionsbestimmung ist seit Abschaltung der SA erheblich verbessert. In der Literatur wird für 95 % der Fälle eine Genauigkeit von 15 m angegeben. Es können sich auch wesentlich bessere Werte ergeben. Allerdings spielt hierbei neben der Zahl verfügbarer Satelliten auch die Qualität des Empfängers eine große Rolle. In der Praxis ist von einer Genauigkeit von 20 Metern auszugehen [KÖHNE/WÖSSNER 2011].

5.1.2 Differential-GPS (DGPS)

Das Differential-GPS (DGPS) ist eine Weiterentwicklung des bekannten GPS. Diese Technik dient dazu, die Genauigkeit der ermittelten Standortdaten zu verbessern. Beim DGPS werden die Fehler in der Positionsbestimmung durch Korrekturdaten einer Referenzstation reduziert. Die Satellitensignale, welche am gesuchten Standort empfangen werden können, werden auch an der Referenzstation empfangen, deren Lage somit über GPS bestimmt wird. Zugleich ist die Referenzposition bereits genau eingemessen. Die Abweichung zwischen den über GPS ermittelten Positionsdaten und der tatsächlichen Lage ergibt die Korrekturdaten, mit denen sich eine Fehlerkorrektur für die eigentlich gemessene Position durchführen lässt [BDE 2005]. Die Korrekturdaten können von der Referenzstation z. B. über terrestrischen Funk ausgestrahlt werden. Das Funktionsprinzip ist in Bild 27 dargestellt.

Mit DGPS lassen sich wesentlich höhere Genauigkeiten als mit GPS erreichen, teilweise sogar bis in den Zentimeterbereich. Abhängig ist die tatsächliche Genauigkeit vom verwendeten System, über welches die Korrekturdaten bezogen werden.

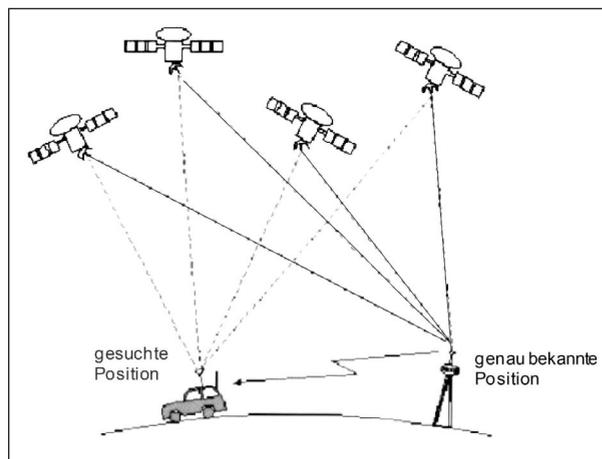


Bild 27: Funktionsprinzip DGPS [BDE 2005]

Lokale Referenzstation

Besonders für die Nutzung in Gebieten definierter Größe können Korrekturdaten durch eine vom jeweiligen Nutzer eigens aufgestellte Referenzstation generiert werden. Der DGPS-Empfänger tauscht dazu über terrestrischen Funk seine Daten in Echtzeit mit der Referenzstation aus und führt die Korrektur durch. Die erreichbare Genauigkeit ist dabei von der Entfernung des Messortes zur Referenzstation und der Qualität der eingesetzten Geräte abhängig.

Korrekturdaten über Referenzstationen des SAPOS

Es gibt aber auch die Möglichkeit, Korrekturdaten von Referenzstationen verschiedener Betreiber zu beziehen. In Deutschland ist das über den staatlichen Satellitenpositionierungsdienst der deutschen Landesvermessung (SAPOS) oder private Anbieter (z. B. ASCOS Satellite Positioning Services der AXIO-NET GmbH) möglich. SAPOS basiert auf einem Netz von Referenzstationen, davon liegen 270 im Gebiet der Bundesrepublik und 30 in verschiedenen Nachbarländern (s. Bild 28). Der Satellitenpositionierungsdienst führt permanent Auswertungen der Satellitensignale des gesamten Global Navigation Satellite System (GNSS) durch, d. h., es werden neben dem amerikanischen GPS auch die Satelliten des russischen GLONASS und des zukünftigen Galileo einbezogen (s. Kapitel 5.1.3)

Verwendet werden die SAPOS-Dienste von Nutzern aus verschiedenen Branchen und Fachdisziplinen, wie beispielsweise [ADV 2004]:



Bild 28: Übersichtskarte SAPOS-Referenzstationen [ADV 2004]

- Vermessung und Kataster (Landesvermessung, Liegenschaftsvermessung, Flurbereinigung, GIS, Baumkataster),
- Ingenieursvermessung (Straßenbau, Bauwerksabsteckung),
- Hydrografie (Seevermessung, Tiefenprofile),
- Verkehr und ÖPNV (Fahrzeugnavigation, Flottenmanagement, Verkehrstelematik),
- Sicherheitsdienste (Polizei, Feuerwehr, Katastrophenschutz),
- Deformationsmessung (Bauwerksüberwachung bei Brücken oder Staudämmen),
- Landwirtschaft (Precision Farming).

Die Messungen erfolgen dabei im amtlichen Bezugssystem ETRS89. Die gewonnenen Daten lassen sich einfach in verschiedene Zielsysteme exportieren. Für die Verwendung der SAPOS-Dienste sind SAPOS-fähige GPS-Empfänger nötig, welche von verschiedenen Herstellern angeboten werden. Die ermittelten Korrekturdaten sind kostenpflichtig zu beziehen. Hoheitliche Dienste sind allerdings von der Entgeltzahlung befreit. Gegenwärtig wird der SAPOS-Dienst zu 60 % von hoheitlichen Anwendern genutzt. Um SAPOS-Daten zu beziehen,

ist eine Anmeldung bei der SAPOS-Vertriebsstelle des jeweiligen Bundeslandes nötig, dafür werden einmalig 250 € Gebühr erhoben. Bei bundeslandübergreifender Nutzung sind Rabatte möglich. Die Kosten für die Datenübertragung sowie die erreichbaren Genauigkeiten in der Positionsbestimmung sind vom verwendeten SAPOS-Dienst abhängig [LGN 2010]:

- EPS

Echtzeit: Positionierungsservice mit einer gegenwärtigen Lagegenauigkeit von 0,5 bis 3 m und einer Höhengenaugkeit von 1 bis 5 m. Die Koordinatenbestimmung erfolgt durch Übertragung der Korrekturdaten in Echtzeit. Dies kann über Funk im 2-m-Band kostenfrei erfolgen, wobei dieser Dienst in manchen Bundesländern ausläuft. Es ist auch möglich, die Daten über Mobilfunk (GSM) zu beziehen, dafür sind einmal jährlich 150 € für die Datenübertragung an SAPOS zu entrichten. Des Weiteren werden Gebühren für den Mobilfunkempfang fällig. Als Endgeräte sind ein GNSS-Empfänger und ein Funkempfänger bzw. ein Mobiltelefon/Modem erforderlich. Die Zahl der Nutzer des EPS-Systems ist gegenwärtig verschwindend gering [OSER 2010]. Zukünftig soll eine Datenübertragung auch über Internet möglich sein, außerdem werden die verfügbaren Genauigkeiten verbessert.

- HEPS

Hochpräziser Echtzeit: Positionierungs-Service mit einer Lagegenauigkeit von 1 bis 2 cm und einer Höhengenaugkeit von 2 bis 3 cm. Die Koordinatenbestimmung erfolgt durch Übertragung der Korrekturdaten in Echtzeit. Die Korrekturdaten-Übertragung kostet 0,1 €/min. Weitere Kosten fallen durch den nötigen Mobilfunkvertrag an, da die Daten über GSM bzw. UMTS übertragen werden. SAPOS bietet verschiedene Rahmenverträge mit bekannten Mobilfunkdienstleistern an. Ein Beispielvertrag kostet 5,53 € Basisgebühr pro Monat. Optional kann beispielsweise für zuzüglich 14,00 € ein 800-Minuten-Nutzungs-Paket gebucht werden [Vodafone 2010]. Je nach geplanter Nutzungsintensität sind verschiedene Pakete oder auch eine Flatrate buchbar. 95 % aller SAPOS-Kunden nutzen den HEPS-Dienst. Für den Dienst werden ein hochwertiger DGPS-Empfänger und ein Mobiltelefon benötigt [OSER 2010].

- GPPS

Geodätischer Postprocessing: Positionierungs-Service mit einer Lagegenauigkeit von 1 cm und besser und einer Höhengenaugkeit von 1 bis 2 cm. Für diesen Service ist ein GNSS-Empfänger nötig, um die Messdaten aufzuzeichnen. Durch eine entsprechende Software werden die gemessenen Punkte nachträglich im Büro mit Korrekturdaten bearbeitet. Dadurch können SAPOS-Daten auch genutzt werden, wenn beim Messen kein Mobilfunknetz verfügbar war und somit keine Echtzeitkorrektur durchgeführt werden konnte. Die GPPS-Beobachtungsdaten werden über Internet bereitgestellt. Dieser Service kostet 0,20 €/min [LGN 2010]. Als Endgerät ist ein DGPS-Empfänger erforderlich, welcher Daten speichern kann, was aber bei hochwertigeren Geräten generell der Fall ist.

Korrekturdaten über geostationäre Satelliten (EGNOS)

Neben den Korrekturdaten unmittelbar von den am Boden aufgestellten Referenzstationen können auch Korrekturdaten über Satelliten bezogen werden. Das von der ESA (European Space Agency) entwickelte System EGNOS (European Geostationary Navigation Overlap System) funktioniert auf Basis von 34 Referenzstationen, so genannten Ranging and Integrity Monitoring Stations, und vier Mission Control Centers, von denen eine bei der Deutschen Flugsicherung in Langen angesiedelt ist. Außerdem werden drei geostationäre Satelliten eingesetzt. Mit Hilfe der 34 Bodenstationen lassen sich Korrekturdaten erzeugen, die in den Mission Control Centers weiter verrechnet und über die geostationären Satelliten an die Nutzer verteilt werden. Geeignete Endgeräte gleichen die Rohdaten der Positionsbestimmung mit den Korrekturwerten der geostationären Satelliten ab und können so eine genauere Positionsermittlung durchführen. EGNOS bietet verschiedene Dienste:

- Open Service

Im offenen EGNOS-Dienst kann eine Positionsgenauigkeit von 1 bis 3 Metern horizontal und 2 bis 4 Metern vertikal mit einer Verfügbarkeit in 95 bis 99 % aller Fälle garantiert werden. Die Korrekturdaten werden über Satellit verbreitet und können in der Regel von allen neueren GPS-Empfängern verarbeitet werden. Dieser

Open Service ist seit Oktober 2009 in Betrieb und für jedermann zugänglich.

- Commercial Data Distribution Service

Dieser Dienst namens EGNOS Data Access Service (EDAS) ist Anwendern aus dem Unternehmensbereich nach einer Anmeldung kostenlos zugänglich. Verfügbar sind Rohdaten von Satelliten, Korrekturdaten und weitere Daten, welche über Internet oder Mobilfunk (GSM) übertragen werden. Durch die Datenübertragung können Übertragungskosten anfallen. Dieser Dienst soll ab 2011 verfügbar sein, zur Genauigkeit dieser Daten konnten keine Angaben ermittelt werden.

Zukünftig wird EGNOS zur Ermittlung der Korrekturdaten neben dem amerikanischen GPS und dem russischen GLONASS auch Daten von Galileo verwenden [ESA 2010].

Probleme mit EGNOS kann es in Nordeuropa geben. Da die geostationären Satelliten sich über dem Äquator befinden, kann es aufgrund des niedrigen Winkels zu Empfangsstörungen aufgrund von Abschattungen durch Gebäude o. Ä. kommen. Neuere GNSS-Empfänger haben eine geeignete Software zum Empfang der EGNOS-Signale in der Regel integriert, bei älteren kann eine nachträgliche Installation erfolgen [OHL 2010].

In Amerika ist das System WAAS mit gleichem Funktionsprinzip bereits in Betrieb. Indien und Japan führen noch Tests an ihren Systemen durch.

5.1.3 Galileo

Galileo ist ein Satellitennavigationssystem, welches zukünftig weltweit der Positionsbestimmung dienen soll. Der Aufbau des Systems ist in erster Linie nicht militärisch initiiert. Das Projekt wird von der Europäischen Kommission und der Weltraumorganisation ESA betrieben und soll Europa Unabhängigkeit in Bezug auf Navigationsdienste und ein zuverlässiges Angebot für den Massenmarkt bieten. Es beteiligen sich auch verschiedene Staaten außerhalb der EU. Galileo wird voraussichtlich aus 30 Satelliten (27 aktiv, 3 Reserve) aufgebaut. Zusätzlich kann es verschiedene regionale und lokale Komponenten geben, die das System für spezielle Anforderungen ergänzen [THEIS 2010].

Vom generellen Funktionsprinzip unterscheidet sich Galileo nicht von den existierenden Systemen

Navatar-GPS und Glonass. Allerdings senden die Galileo-Satelliten ein stärkeres Signal in drei verschiedenen Frequenzbändern. Dies erhöht die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Positionsbestimmung. Vor allem die Laufbahnen der Galileo-Satelliten werden zu einer deutlichen Zunahme der Signalverfügbarkeit und Verbesserung der Satellitengeometrie besonders im nördlichen Europa führen. Die Galileo-Satelliten werden speziell über Europa stationiert und somit das Empfangsproblem durch Abschattungen deutlich mildern. Außerdem ergibt sich nach Start des Galileo-Systems eine höhere Genauigkeit und Zuverlässigkeit aus der höheren Anzahl an Satelliten. Zukünftig lassen sich die Navatar-GPS-Satelliten und die von Galileo mit entsprechenden Empfangsgeräten gemeinsam nutzen. Durch die 30 Galileo- sowie die 24 bis 26 Navatar-Satelliten kann man mit einem störungsfreien Navigationsnetz rechnen. Außerdem wird das System auch mit dem russischen Glonass vernetzt [DREWS 2010].

Folgende Dienste sollen zukünftig durch Galileo zur Verfügung gestellt werden [THEIS 2010, DREWS 2010]:

- Offener Dienst

Dies ist ein kostenloser Service für die Allgemeinheit zu Ortungs-, Navigations- und Zeitsynchronisationszwecken. Es wird eine Genauigkeit von ca. 4 Metern erwartet. Wie erwähnt, wird vor allem auch durch die bessere Empfangsabdeckung eine zuverlässigere Positionsbestimmung zu erwarten sein. Der Dienst ist prinzipiell mit gewöhnlichen GNSS-Empfangsgeräten, welche für GPS verwendet werden, nutzbar, da das Funktionsprinzip das gleiche ist. Im Einzelfall ist jedoch die Kompatibilität zu prüfen, ggf. ist besonders bei älteren Geräten ein Nachrüsten nötig [KÖHNE/WÖSSNER 2010].

- Kommerzieller Dienst

Über diesen kostenpflichtigen Dienst können Korrekturdaten zur Steigerung der Positionsgenauigkeit auf bis zu 10 cm erreicht werden. Der Dienst unterliegt einer Zugangskontrolle und richtet sich an professionelle Anwender aus den Bereichen Vermessungswesen, Flottenmanagement etc.

- Staatlicher Dienst

Die Signale mit sehr hoher Genauigkeit werden verschlüsselt und stehen nur staatlichen Stellen,

wie Polizei, Militär und Geheimdienst zur Verfügung.

- Sicherheitskritische Anwendungen

Diese Anwendungen richten sich beispielsweise an Luft- und Schifffahrt sowie den Bahnverkehr. Hier spielt vor allem auch die Sicherheit der Übertragung mit einheitlichen Systemen von der Frequenz bis zum Empfangsgerät eine Rolle.

- Such- und Rettungsdienst

Die Galileo Satelliten können Notrufsignale weiterleiten und sollen so die gegenwärtigen Systeme nationaler Rettungszentren unterstützen.

Ab wann das System genutzt werden kann, ist unklar, da sich der geplante Fertigstellungstermin bereits mehrfach verschoben hat. Gegenwärtig besteht zusätzlich das Problem eines drohenden Frequenzstreits mit China aufgrund des chinesischen Systems COMPASS, welches sich ebenfalls im Aufbau befindet und die gleichen Frequenzen wie Galileo nutzen möchte. Nach gegenwärtigem Stand ist eine vollständige Funktionsfähigkeit nicht vor 2016 oder gar erst 2018 zu erwarten. Es gibt außerdem Spekulationen, dass das Projekt an den durch die Probleme steigenden Kosten scheitern könnte [GIESEN 2010].

5.1.4 Zusammenfassung

Tabelle 9 stellt die erreichbaren Genauigkeiten der verschiedenen Systeme gegenüber. Der angegebene Wert stellt jeweils den Radius des Umkreises der tatsächlichen Position dar. Es sind außerdem die Kosten für die Datenübertragung angegeben.

Die Preise für die Empfänger unterliegen hohen Schwankungen. Neuere GNSS-Empfänger können in der Regel Eingangsdaten aller Satelliten und Korrekturdaten verschiedener Art verarbeiten. Der Preis des Empfängers bestimmt sich durch die Genauigkeit, die unter Hinzunahme geeigneter Eingangsdaten erreicht werden kann. Günstige Empfänger bieten auch mit hochwertigen Eingangsdaten nur geringe Genauigkeit. Nachfolgend sind auf Grundlage von Hersteller- und Anwenderangaben Preise für Endgeräte in Abhängigkeit von der erzielbaren Messgenauigkeit zusammengestellt (Nettopreise):

- 1 bis 3 cm Genauigkeit: 11.000 bis 25.000 €,
- 20 bis 30 cm Genauigkeit: 6.000 bis 7.000 €,
- 2 bis 5 m Genauigkeit: 3.000 bis 5.000 €.

	SAPOS		EGNOS	Galileo	
	EPS-Dienst	HEPS-Dienst	offener Dienst	offener Dienst	kommerzieller Dienst
Lage-Genauigkeit	0,5 bis 3 m (zukünftig besser)	1 bis 2 cm	1 bis 3 m	ca. 4 m	ca. 10 cm
Höhen-Genauigkeit	1 bis 5 m (zukünftig besser)	2 bis 3 cm	2 bis 4 m	ca. 4 m	ca. 10 cm
Zuverlässigkeit	sehr von der Qualität des Empfängers abhängig	nahe 100 %	95 bis 99 %	unklar	unklar
Datenübertragungsart/ Kosten	GSM: 150 € p. a. und Mobilfunkvertrag Funk 2-m-Band: 150 € p. a. Anm.: Dienst auslaufend SAPOS ist für hoheitliche Dienste kostenfrei	GSM/UMTS: 0,1 €/min an SAPOS und Mobilfunkvertrag Beispielvertrag: 5,53 Basisgebühr + 14,00 für 800 min Nutzungspaket	über Satelliten: kostenlos	Satelliten: kostenlos	Datenübertragung noch unklar: gebührenpflichtig, Höhe der Gebühren unklar
Endgerät	DGPS-fähiger Einfrequenzempfänger mit Mobilfunkempfänger GNSS-Empfänger mit Funkempfänger „neuere“ GNSS-Empfänger können in der Regel alle Eingangsdaten verarbeiten; erreichbare Genauigkeit bestimmt den Preis	DGPS-fähiger GNSS-Empfänger mit Mobilfunkempfänger	„neuerer“ GNSS-Empfänger	„neuerer“ GNSS-Empfänger	„neuerer“ GNSS-Empfänger
Stand der Entwicklung	in Betrieb		in Betrieb	Systemstart nicht vor 2016/2018	

Tab. 9: Übersicht über die satellitengestützten Dienste SAPOS, EGNOS, Galileo

5.2 Radio Frequency Identification Devices (RFID) zur automatischen Objekterkennung

Allgemeines

Die RFID-Technik stammt aus dem Bereich der Auto-ID-Systeme. Unter diesem Begriff der automatischen Identifizierung werden Techniken zusammengefasst, die zur Identifizierung, Erhebung, Erfassung und Übertragung von Daten dienen. Ein einfaches und bekanntes Auto-ID-System ist der Barcode, bei dem die Abfolge verschieden dicker Linien bestimmte Informationen definiert, die bei Sichtkontakt zu einem entsprechenden Lesegerät ausgelesen werden können. Die RFID-Technik bieten hingegen erweiterte Nutzungsmöglichkeiten gegenüber diesem Auto-ID-System [HELMUS et al. 2009].

Radio Frequency Identification wird im Deutschen als Identifizierung über Funk verstanden. Hauptmerkmal dieser Technik ist, dass Daten aus einem

Datenchip, dem so genannten Transponder oder auch RFID-Tag, mit Hilfe von Funkwellen ausgelesen werden können. Die RFID-Tags verfügen dazu über eine Antenne, mit der sie elektromagnetische Wellen an ein entsprechendes Lesegerät übermitteln können. Bild 29 zeigt ein Gesamtsystem einer Identifikation und Objektverwaltung über RFID. Auf den Objekten sind die erwähnten RFID-Transponder angebracht. Bei Annäherung des Lesegerätes findet ein Datenaustausch mit dem Lesegerät statt. Dieses wiederum greift auf eine hinterlegte Datenbank oder andere Software zurück, um ausgelesene Daten entsprechend zu verarbeiten [TAMM/TRIBOWSKI 2010].

Klassisches Anwendungsfeld der RFID Technik ist die Logistikbranche. Über RFID-Tags an Transportbehältern oder der Ware selbst werden Warenein- und -ausgänge etc. verfolgt und gesteuert. Dazu können stationäre oder transportable Lesegeräte im Einsatz sein. Weiterhin wird RFID häufig für Zeiterfassungssysteme eingesetzt; dazu sind die

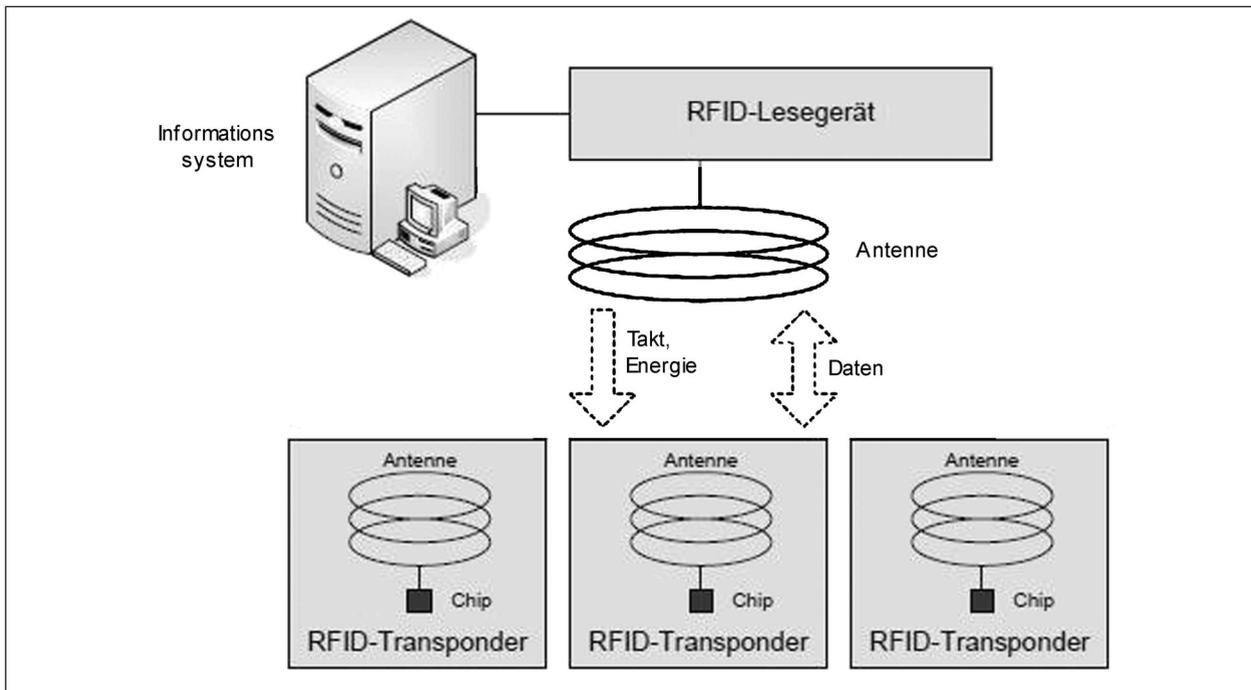


Bild 29: Gesamtsystem einer Identifikation und Objektverwaltung über RFID [TAMM/TRIBOWSKI 2010]

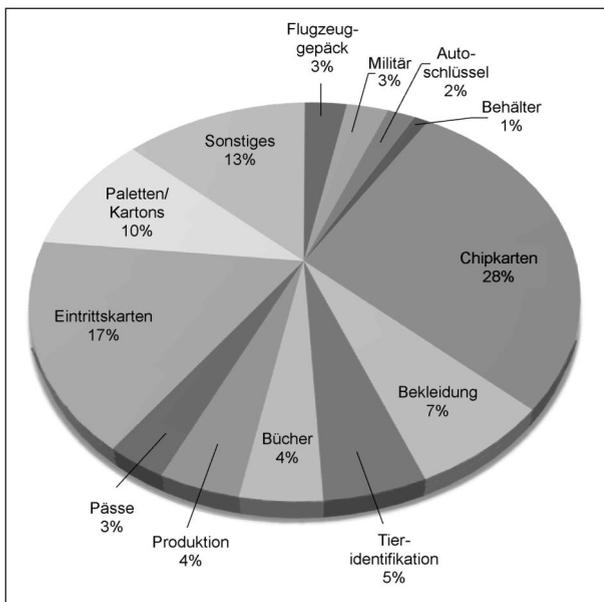


Bild 30: Verteilung verkaufter RFID-Transponder auf unterschiedliche Branchen [TAMM/TRIBOWSKI 2010]

Transponder in Chipkarten der Mitarbeiter oder Mitglieder der jeweiligen Firma oder Organisation implementiert. Auch in vielen Bibliotheken sind RFID-Transponder in den Büchern vorhanden, um Leihfristen und Nutzer einfacher zu erfassen und Diebstahl zu verhindern. Zugangskontrollsysteme und Anwendungen im Freien, welche für den Bereich Straßenbetriebsdienst besonders interessant sind, werden im Folgenden noch erläutert. Neben diesen

Beispielen gibt es noch viele andere Konzepte, die sich RFID zunutze machen (s. Bild 30).

RFID-Transponder und Lesegeräte

RFID-Tags sind sehr kleine Objekte, welche auf verschiedene Arten an dem eigentlich zu identifizierenden Objekt angebracht werden können. Dabei sind den Formen und Arten der Befestigung nahezu keine Grenzen gesetzt. Transponder können so dünn wie ein Blatt Papier gestaltet sein oder lassen sich in Kunststoff oder Glashüllen eingießen.

Im Zusammenhang mit der Energieversorgung der Transponder wird grundlegend zwischen zwei verschiedenen Typen, den aktiven und den passiven Transpondern, unterschieden. Allgemein können die möglichen Reichweiten bei Transpondern sehr stark schwanken, da sie vom verwendeten Frequenzbereich abhängig sind. Die Werte schwanken zwischen 1,5 cm und mehreren Hundert Metern, wobei aktive Transponder weitaus größere Reichweiten ermöglichen als passive.

Die passiven Transponder bekommen ihre Energie vom Lesegerät übertragen. Dies geschieht, indem die gesendeten Funkwellen des Lesegerätes zur Energieversorgung umgewandelt werden. Solche passiven Transponder können besonders klein gebaut werden und sind günstig in der Anschaffung. Nachteil ist, dass die Reichweite eher gering ist.

Für größere Reichweiten ist eine bessere Energieversorgung nötig. Dafür gibt es aktive Transponder mit eigener Batterie. Da bei diesen Transpondern keine elektromagnetischen Wellen des Lesegerätes zur Energieversorgung aufgezehrt werden, ist die Datenübertragung über eine größere Reichweite möglich. Die aktiven Transponder sind allerdings teurer und größer als die passiven. In Bezug auf die Reichweite des Systems ist zu sagen, dass theoretisch ein Auslesen auch in einer Entfernung von einem Kilometer und zukünftig eventuell sogar noch mehr möglich ist. Allerdings ist zu bedenken, dass mit steigender Reichweite auch die Kosten des Systems, also Transponder und Lesegerät, steigen.

Auch in Bezug auf die Beschreibbarkeit muss zwischen verschiedenen Varianten unterschieden werden. Die einfachste und somit auch preisgünstigste Art von passiven Transpondern sind solche, die bereits bei der Herstellung mit einer unveränderbaren Seriennummer ausgestattet sind. Nur in der entsprechenden Datenbank des Gesamtsystems kann dieser Nummer ein bestimmter Datensatz zugeordnet werden. Weiterhin gibt es passive Transponder, bei denen einmalig mit einem Lesegerät die gewünschte ID aufgebracht werden kann. Die dritte Art der passiven Transponder ist wiederbeschreibbar und kann so mit individuellen Daten versehen werden. Aktive Transponder sind generell wiederbeschreibbar, außerdem bieten sie mehr Speicherkapazität.

Die Wahl geeigneter Transponder ist also von der Konzeption des Gesamtsystems abhängig. Es muss generell entschieden werden, ob die Objektdaten in einer zentralen Datenbank oder unmittelbar am Objekt, also auf dem RFID-Tag, gespeichert werden sollen. Außerdem ist die zu überbrückende Distanz für das Auslesen der Transponder bei der Auswahl entscheidend. Dies sind auch die Merkmale, welche Kosten bestimmend sind. Nicht beschreibbare Transponder sind billiger als wiederbeschreibbare, passive mit kürzerer Reichweite billiger als aktive. Allerdings sind jeweils erstgenannte auch kleiner. Entscheidend für den Preis ist neben den technischen Unterschieden auch die Abnahmemenge, deshalb können sehr schwer konkrete Zahlen genannt werden [TAMM/TRIBOWSKI 2010]. In den nachfolgend aufgeführten Praxisbeispielen für den Einsatz der RFID-Technik werden auch Preise für die Transponder bei konkreten Anwendungen genannt.

Auch bei den RFID-Lesegeräten – hierunter werden auch Geräte verstanden, die Daten nicht nur auslesen, sondern auch übertragen können – gibt

es zahlreiche Unterschiede. Zu unterscheiden ist in erster Linie zwischen Handlesegeräten mit integrierter Antenne und stationären Systemen, welche aufgrund separater Antennensysteme größere Reichweiten ermöglichen. Je nach Qualität der Antenne und anderen Merkmalen betragen die Kosten eines Lesegerätes nach TAMM/TRIBOWSKI [2010] 100 bis 1.000 €. Hersteller geben jedoch für bestimmte Anwendungen auch höhere Kosten an, wie die nachfolgenden Beispiele zeigen.

Vor- und Nachteile der RFID-Technik

Die grundlegenden Anwendungen sind ähnlich wie die des Barcodes. Die RFID-Technik bietet allerdings Vorteile gegenüber dem Barcode. Vor allem muss kein Sichtkontakt zwischen Lesegerät und Datenspeicher hergestellt werden, was ein Auslesen auch unter schwierigeren Bedingungen wie bei Verschmutzung ermöglicht. Außerdem können größere Datenmengen bis zu mehreren Kilobit gespeichert werden und es ist gegebenenfalls ein Wiederbeschreiben möglich. Im Bereich des Lesefelds können auch mehrere Transponder gleichzeitig gelesen werden und es sind besonders bei aktiven Transpondern recht hohe Reichweiten möglich [HELMUS et al. 2009]. Nachteilig ist eine gewisse Anfälligkeit bei bestimmten Störgrößen. Vor allem Metalle oder Wasser beeinflussen die Kommunikation der Komponenten und unterbrechen oder verfälschen diese.

Die technischen Möglichkeiten der RFID sind insgesamt recht groß und es sind vielfältige Nutzungsmöglichkeiten denkbar. Gegenwärtig stehen dem teilweise noch datenschutzrechtliche Aspekte und verschiedene andere Schwierigkeiten im Weg [KRÖNER 2010]. Außerdem ist die Zahl der Nutzungen nicht so stark gestiegen wie bei Entwicklung der RFID-Technik zunächst erwartet wurde. In vielen Fällen wäre zwar eine Funktionalität vorhanden, aber die Wirtschaftlichkeit eines RFID-Systems ist aufgrund relativ hoher Transponderkosten nicht gegeben [TAMM/TRIBOWSKI 2010]. Nachfolgende Beispiele zeigen aber sehr interessante Anwendungen, welche auch tatsächlich in Betrieb sind.

Ausgewählte Praxisbeispiele

- Baumkontrolle mit RFID

In der Gemeinde Borsdorf nahe Leipzig wird seit ca. 2009 eine mobile Baumkontrolle mit RFID-Technik durchgeführt. Hintergrund der System-



Bild 31: Baumkontrolle mit RFID in Borsdorf nahe Leipzig [PLANERT 2009]

Die Einführung ist die „Richtlinie zur Überprüfung der Verkehrssicherheit von Bäumen“ [FLL 2004], wonach Bäume regelmäßig zu überprüfen sind. Um die zeitaufwändige Erfassung mit Stift und Papier und das manuelle Übertragen in ein Geoinformationssystem zu ersetzen, wurden in der Gemeinde 2.000 Bäume mit RFID-Tags ausgestattet. Diese Tags sind umweltverträgliche Kunststoffnägels (s. Bild 31), welche in die Bäume eingeschlagen werden, oder scheibenförmige Transponder zum Anbringen an jüngere Bäume. Sie sind laut Herstellerangabe witterungs- und harzbeständig. Die Haltbarkeit wird auf 10 bis 15 Jahre geschätzt.

Bei einer einmaligen Befahrung wurden alle Bäume mit den Transpondern ausgestattet und zugleich Baumart, Größe und Lage für die GIS-Software erfasst. Im passiven, nicht beschreibbaren Transponder ist lediglich eine ID-Nummer gespeichert. Bei der Baumkontrolle wird diese vom PDA-Lesegerät ausgelesen und über die hinterlegte Datenbank werden die Daten zum jeweiligen Baum aufgerufen. Der Kontrolleur kann dann etwaige Schäden etc. eintragen. Zurück im Büro wird eine Synchronisation des PDA mit der Software am PC durchgeführt und so das GIS aktualisiert. Es besteht keine Onlineverbindung zwischen PDA und der stationären Software. Das System kann automatisch Meldungen über anstehende Baumprüfungen oder Ähnliches erzeugen. Gegenwärtig ist die Zufriedenheit mit dem System sehr hoch. Man spricht von einer deutlichen Arbeitersparnis durch die RFID-Technik. Die Anwendung soll zukünftig auf Straßenlaternen und Straßenabläufe erweitert werden, welche in das vorhandene GIS integriert werden.

Folgende Angaben hat der Anbieter des Komplettsystems zu den Kosten gemacht (Nettopreise):

- Das Systempaket mit Hardware (Transponder und Lesegeräte), Software (GIS-Anwendung mit verschiedenen Funktionen) und Beratungsleistung wurde von einem Anbieter im Rahmen eines Pilotprojekts realisiert und hat ca. 10.000 € gekostet.
- Software (prinzipiell ein Geoinformationssystem): 1.500 € für eine Einzelplatzlösung,
- Transponder: 1,50 bis 4,00 € pro Stück (der Preis ist stark mengenabhängig),
- PDA-Gerät: 3.000 € pro Stück.

Zum Auslesen der Transponder ist ein Abstand von 10 bis 15 cm zum Objekt einzuhalten. Bei größeren Abständen sind teurere Transponder und Lesegeräte zu verwenden, welche der Anbieter dieses Gesamtsystems jedoch nicht vertreibt.

- RFID in Abwasserschächten

Die Stadtwerke Krumbach führen die im Rahmen der Eigenkontrollverantwortung nötige Prüfung von Abwasserschächten mit Hilfe von RFID-Technik durch. Dazu werden seit 2009 alle 4.500 Schächte mit RFID-Tags ausgestattet (s. Bild 32). Beim Anbringen der Transponder werden diese mit Lage- und Schachtnummer beschrieben, welche nicht mehr verändert werden. Bei einer Schachtprüfung wird die Information, dass die Prüfung stattgefunden hat, in Kombination mit einem Zeitstempel unmittelbar auf dem Transponder gespeichert. Dazu sind beschreibbare Transponder nötig. Obwohl diese teurer sind als nicht beschreibbare, hat man sich für diese Lösung entschieden, da die unmittelbare Datenspeicherung am Schacht als eindeutiger Nachweis dafür angesehen wird, dass tatsächlich eine Prüfung stattgefunden hat. Ein Transponder kostet in dieser konkreten Anwendung 6,- € netto. Der Hersteller gibt an, dass der Preis bei Systemen dieser Art zwischen 1,- und 10,- € liegt. Anfangs gab es Probleme mit dem Ankleben der Transponder in den Schächten, diese konnte man allerdings zwischenzeitlich beheben. Die Lebensdauer der säurefesten Transponder ist laut Herstellerangabe nahezu unbegrenzt. In Krumbach sind weiterhin zwei Lesegeräte zum Preis von je 3.000 € netto vor-

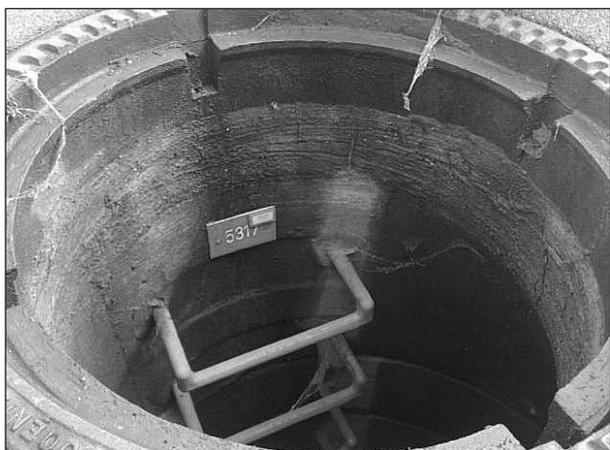


Bild 32: RFID-Tag in einem Schacht der Stadtwerke Krumbach [FREUND 2010]

handen. Die Anwender sind gegenwärtig mit dem System zufrieden, eine Ausweitung auf Bäume o. Ä. ist noch nicht geplant, da die Ausstattung aller Schächte noch nicht abgeschlossen ist.

Zufahrtkontrolle mit RFID

Zugangssperren über RFID bei größeren Reichweiten sind bereits im Einsatz. Der Nutzen der Anwendung liegt darin, einem Fahrzeug die Zufahrt zu einem Parkhaus, abgesperrten Gelände etc. zu öffnen, ohne dass der Fahrer dazu anhalten, aussteigen oder anders aktiv werden muss. Das System besteht aus zwei Systemkomponenten, einem Lesegerät im Bereich der Zufahrt und einem im oder am Auto angebrachten Tag. Wenn das Auto auf das Lesegerät zufährt, wird die Kennung automatisch gelesen und im Falle einer Zugangsberechtigung ein Signal weitergeleitet, welches ein entsprechendes Tor o. Ä. öffnet.

Statt lediglich die Fahrzeuge zu identifizieren, kann es auch nötig sein, zu erkennen, ob der jeweilige Fahrer zugangsberechtigt ist. Dies ist über eine zusätzliche Komponente möglich, bei der sich der Fahrer selbst erst am Tag identifizieren muss. Dieses gibt dann auch die Fahrerdaten an den Scanner weiter [SLAGMOLEN 2010].

Zufahrtkontrollen mit RFID können im Straßenbetriebsdienst für das Meistereigehöft eingesetzt werden, wobei neben meistereigenen Fahrzeugen auch die von Dritten, z. B. von Fremdunternehmern im Winterdienst einbezogen werden können. Weiterhin kann das System auch für die Überwachung weiterer Standorte wie Salzlager, Lagerflächen, Regenrückhaltebecken etc. sinnvoll eingesetzt werden.

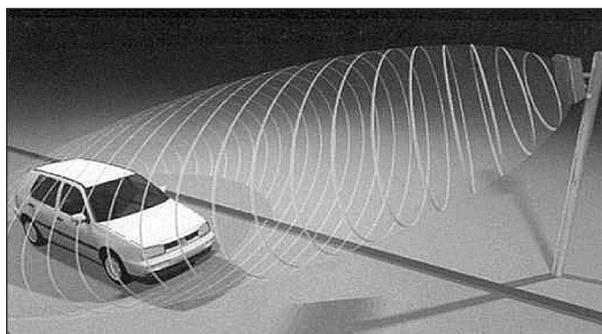


Bild 33: Überprüfen der Zufahrtberechtigung mit RFID [SLAGMOLEN 2010]

5.3 Automatisierte Einsatzdatenerfassung und Einsatzsteuerung in ausgewählten Branchen

5.3.1 Landwirtschaft

Besonders innovative und umfangreiche Anwendungen sind in der Landwirtschaft zu finden. Hier steht neben einer Datenerfassung die Einsatzsteuerung im Vordergrund. Im Folgenden werden verschiedene Anwendungen kurz beschrieben.

Parallelfahreinrichtung/Spurführung

Landwirtschaftliche Felder werden in der Regel streifenweise bearbeitet. Bei vielen Arbeiten ist nicht unmittelbar erkennbar, ob der Boden an einer konkreten Stelle bereits behandelt wurde oder nicht. So können vergessene Flächen und Überlappungen der Arbeitsbereiche entstehen, beispielsweise bei Düngungen oder Ähnlichem. Mit Hilfe einer Positionsbestimmung über Satellit kann dies verbessert werden, wofür DGPS zum Einsatz kommt, um eine Genauigkeit der Positionsbestimmung im Dezimeterbereich erreichen zu können. So kann der Fahrer optische Hinweise bekommen, um nicht von einer idealen Fahrlinie abzuweichen. Eine weitere Entwicklung sind Systeme mit unmittelbarer Lenkhilfe auf Basis der GPS-Daten, dies erhöht nicht nur die Qualität bei der Bewirtschaftung der Flächen, sondern entlastet auch die Fahrer. Auch nächtliches Arbeiten ist durch die Parallelfahreinrichtung besser möglich. Zu betonen ist allerdings, dass durch Abschattungen unter Bäumen o. Ä. ein vorübergehender Verlust des Signals möglich ist [KLOEPFER 2007].

In der Basisvariante werden Korrekturdaten über EGNOS bezogen, mit dem eine Genauigkeit von 3 bis 4 m erreicht werden kann (s. Kapitel 5.1.2);

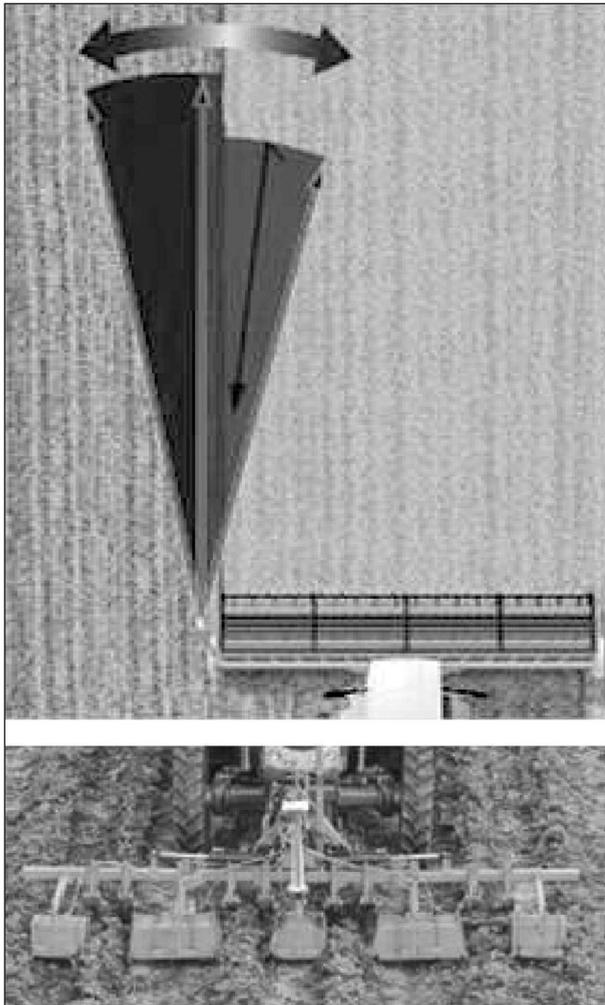


Bild 34: Laser (oben) und 3D-Kamera (unten) zur Spurführung in der Landwirtschaft [CLAAS 2010]

dafür ist lediglich ein geeigneter Empfänger nötig. Für eine noch höhere Genauigkeit ist nach Angaben des Systemanbieters das Aufstellen von Referenzstationen nötig. Dabei können entweder betriebseigene mobile Referenzstationen erworben werden oder solche, die ortsfest aufgestellt werden und die sich auch mehrere Betriebe teilen können. Mit solchen Referenzstationen lässt sich eine Genauigkeit im Bereich von 5 cm oder besser erreichen. Die Signale mobiler Stationen sind im Umkreis von 3 bis 5 km verfügbar, ortsfeste decken einen Bereich von 20 km ab.

Neben der GPS-gesteuerten Spurführung gibt es noch andere Techniken, welche die Erntemaschinen präzise über die Felder lenken. So lassen sich mit einer 3D-Kamera Fahrgassen oder Spargelfurchen erkennen. Mit Hilfe eines Laserstrahls kann die Kante zwischen bereits gemähten und noch hoch stehenden Pflanzen erkannt werden. Über diese optischen Signale kann die Maschine



Bild 35: Auto-Fill-Kamera am Auswurf des Erntefahrzeugs; Auto Fill im Einsatz mit Ernte- und Transportfahrzeug [CLAAS 2010]

automatisch in der richtigen Spur gelenkt werden. Die Genauigkeit liegt bei der Kamera bei 2 bis 4 cm, beim Laser bei 10 bis 20 cm [CLAAS 2010].

Kamera zur Steuerung des Befüllens von Transportfahrzeugen (Auswurfkrümmersteuerung)

Unter dem Namen Auto Fill ist ein Kamerasystem auf dem Markt, welches die Fahrer beim Befüllen von Transportfahrzeugen unterstützt. Das Kamerasystem ist am Auswurfkrümmer des Erntefahrzeugs angebracht. Nach der Aktivierung erkennt die Kamera den nebenher fahrenden Transportwagen und richtet den Auswurfkrümmer fortwährend automatisch darauf aus. Neben den Umrissen des Transportfahrzeuges wird außerdem der aktuelle Füllstand erfasst, wodurch das System automatisch den optimalen Punkt für das weitere Befüllen errechnet und den Auswurf fortwährend anpasst. Mit dieser Technik wird ein Transportfahrzeug automatisch optimal beladen. Für den Fahrer des Erntezeugs bietet das System eine enorme Entlastung, da dieser den Auswurfkrümmer nicht wie in konventioneller Technik manuell steuern muss. Des Weiteren kommt es zu keinen Ernteverlusten mehr und das Volumen des Transportfahrzeuges wird optimal ausgenutzt [CLAAS 2010].

Precision Farming

Der Begriff Precision Farming, d. h. die teilflächen-spezifische Bewirtschaftung, meint zunächst nur, dass die bearbeitete Fläche nicht auf eine gleichbleibende Weise behandelt wird, sondern das Düngemittelmengen etc. individuell der Bodenbeschaffenheit angepasst werden. Diese Art der Bewirtschaftung erfolgte auch schon bisher ohne technische Unterstützung. Allerdings hängt bei der Steuerung aufgrund der menschlichen Erfahrung die Arbeitsqualität stark vom Know-how oder auch der Tagesform des einzelnen Mitarbeiters ab. Bei Precision Farming stimmt die Maschine die Arbeiten automatisch auf die Bedürfnisse der Fläche ab. Dies verbessert die Qualität der Arbeiten, entlastet die Fahrer und macht es möglich, auch weniger qualifizierte Arbeitskräfte einzusetzen.

Basis des Precision Farming ist neben der Ortsbestimmung über GPS ein im System hinterlegtes Kartenmaterial über Bodenqualität, Düngemittelbedarf o. Ä. Durch die genaue Ortsbestimmung während der Flächenbearbeitung kann entsprechend der hinterlegten Karte die Bodenbearbeitung individuell an den spezifischen Bedarf der Teilfläche angepasst werden. Das System an sich ist in Bezug auf die GPS-gesteuerte Maschinenführung technisch ausgereift und bereits am Markt verfügbar. Schwieriger ist teilweise die Festlegung klarer Handlungsempfehlungen, die sich aus den einzelnen Bodenparametern ergeben. Die Nutzungsmöglichkeiten der Technik sind jedenfalls groß. So ist zum Beispiel auch angedacht, Daten über die rechtlichen Vorschriften in Bezug auf die Düngung, wie z. B. Abstandsbestimmungen zu verschiedenen Nachbarflächen, zu hinterlegen [KLOEPFER 2007].

Dokumentation von Aufwand, Ertrag und Qualität

Neben der Steuerung der Einsätze ist auch ihre Dokumentation von großer Bedeutung. Über GPS und unterstützende Geräte lässt sich einfach erfassen, welche Arbeiten in welchem Umfang auf den einzelnen Teilflächen der Felder stattgefunden haben. Dies ist zum Beispiel für die Abrechnung von Lohnarbeitern interessant. Außerdem lassen sich mit den dokumentierten Werten verschiedenste Auswertungen durchführen, beispielsweise Energieeinsatz für die Flächen.

Noch interessanter ist aber folgende Entwicklung: Über Sensoren kann die Qualität einzelner Früchte

bereits direkt im Moment der Ernte von der Maschine bestimmt werden. Durch die zeitgleiche Standorterfassung lässt sich genau kartieren, welche Teilflächen konkret welches Qualitätsniveau liefern. Dieses System einer qualitativen Bestimmung ist noch nicht völlig ausgereift, da die Sensoren zur sicheren Qualitätsbestimmung derzeit noch unzureichend sind. Eine Kartierung der Quantität der Ernte ist jedoch schon erfolgreich in Gebrauch. Die erstellten Karten, welche Probleme wie Nährstoffmangel oder Unkrautbesatz darstellen, können wiederum im Precision Farming verwendet werden [CLAAS 2010].

Zukunft: Feldroboter

Als Weiterentwicklung aus den vorgenannten Techniken stellt man sich in der Landwirtschaft automatisiert arbeitende mobile Arbeitsmaschinen vor. Diese unbemannten Geräte können sich über GPS und/oder andere Sensoren orientieren und verschiedene Tätigkeiten ausführen. Diese eher kleinen Geräte bringen zwar geringere Flächenleistungen, sind jedoch in ihrer Arbeitszeit nicht begrenzt. Gegenwärtig stehen die Systeme erst für die Anwendung in Gewächshäusern bereit, da dort weniger Störungen von außen auftreten. Insgesamt sind bereits recht gute Ergebnisse zu verzeichnen. Roboter können über Sensoren Pflanzen erkennen und sich in den Wuchsrillen gerichtet fortbewegen. Es gibt zahlreiche Forschungen und Entwicklungen, verschiedene Prototypen stehen kurz vor der Marktreife. Auf dem englischen Markt gibt es



Bild 36: Landwirtschaftlicher Feldroboter [CLAAS 2008]

beispielsweise bereits ein Gerät, welches selbstständig Schnecken zwischen den Pflanzen erkennt und einsammelt [CLAAS 2007].

5.3.2 Entsorgungswirtschaft

Neben der Landwirtschaft gibt es die AEDE und die Einsatzsteuerung auch in der Entsorgungswirtschaft. Aufgrund teilweise ähnlicher Anforderungen und Randbedingungen ist die Betrachtung dieser Branche für den Straßenbetriebsdienst interessant. Es findet generell eine Unterstützung auf den Gebieten Tourenplanung, Dokumentation, Fakturierung, Betriebscontrolling und Qualitätsmanagement statt.

Straßenreinigung

In der Straßenreinigung dient die AEDE zum Nachweis der erbrachten Kehrleistung gegenüber dem Kunden. Die Daten lassen sich auch unmittelbar zur Fakturierung nutzen. Aufgezeichnet werden abgefahrte Strecke, Zeit und Geschwindigkeit. Außerdem kann je nach System registriert werden, welches Kehrgerät im Einsatz war. Die Dokumentation kann z. B. auch dann sinnvoll sein, wenn nachgewiesen werden muss, dass bestimmten Forderungen eingehalten werden, z. B. kann es Beschränkungen geben, dass in bestimmten Gebieten aus Gründen des Lärmschutzes nicht zu jeder Tageszeit und nur mit reduzierter Kehrleistung gefahren werden darf.

Entsorgungslogistik

Ein Bereich der Entsorgungslogistik ist die kommunale Abfallsammlung mit periodischer Abfuhr. Obwohl generell festgelegte Routen gefahren werden, ist die GPS-Routensteuerung sinnvoll, da damit auch ortsunkundige Fahrer sofort problemlos eingesetzt werden können. Über die orts- und zeitbezogene Aufzeichnung von Kippvorgängen, Zuladung etc. können wirtschaftliche Kennzahlen ermittelt werden. Diese sind beispielsweise Sammelzeit, -kilometer, -geschwindigkeit und Sammelleistung in Abhängigkeit des Reviers, Regiefahrten, Standzeiten und Bereitstellungsquote. Durch eine gezielte Auswertung dieser Betriebsdaten auf Siedlungstypen bezogen lassen sich bestehende Routen optimieren. Vor allem aber kann über die Daten eine Route für ein neues Gebiet einfacher geplant werden und auf dieser Basis eine Kalkulation dafür erstellt werden.

Die gewerbliche Abfallentsorgung und auch die Entsorgung von Sperrmüll finden im Regelfall nicht periodisch, sondern auf Abruf statt. Hierbei kann die Einsatzdatenerfassung ebenfalls zur Dokumentation und Fakturierung genutzt werden. Wenn aufgrund der guten Datenaufzeichnung auf die Unterschrift des Kunden vor Ort bei Erbringen der Leistung verzichtet werden kann, kann viel Zeit eingespart werden. Außerdem ist eine Komponente zur sinnvollen Routenplanung erforderlich, um Einzelsätze strukturiert zusammenzufassen [BDE 2005].

5.3.3 Straßenbau

Eine GPS-gestützte Einsatzerfassung und -steuerung im Sinne eines Flottenmanagements sind auch im Straßenbau interessant. Besonders beim Straßenoberbau müssen große Materialmengen getaktet angeliefert werden. Für eine qualitativ hochwertige Fertigung darf der Materialnachschub nicht abreißen, zum anderen kann Material nicht kurzfristig gelagert werden. Durch eine unmittelbare Steuerung der Materiallieferung kann der Einsatz an Lieferfahrzeugen reduziert werden und es können Puffer in der Taktung abgebaut werden, was sich natürlich auf die Kosten auswirkt.

In WIEGAND [2009] wird der konkrete Anwendungsfall eines Flottenmanagements beim Ausbau der Start- und Landebahn eines Flughafens beschrieben. In diesem System wurden die zuliefernden Lkw mit GPS-gestützten Geräten ausgestattet, die neben der Ortskoordinate auch verschiedene Fahrzeugzustände erfassen. Die Fahrzeugdaten wurden via GPRS zum Server der Herstellerfirma übermittelt. Der Bauleiter konnte über Internet auf die ermittelten Daten zugreifen. Er wertete die Daten aus und leitete diese an zuständige Personen weiter. Dadurch erfolgten eine Echtzeitüberwachung und aktive Steuerung der Flotte. Außerdem wurden aufgezeichnete Daten in unterschiedlicher Weise nachträglich ausgewertet und zur Dokumentation verwendet.

Da es in der betrachteten Testphase des vorgeannten Systems noch einigen Optimierungsbedarf gab, wird im Nachfolgenden ein Konzept für ein elektronisches dynamische Taktungs-/Steuerungssystem im Straßenbau [MAYER 2009] dargestellt, wie es sinnvollerweise zum Einsatz kommen könnte. Die Technik beinhaltet zwei Komponenten: eine Datenerfassung mit automatischer Auswertung und eine dynamische Steuerung. Eingangsdaten erge-

ben sich aus der automatischen Systemerfassung über GPS und anderen Komponenten, Nutzereingaben und voreingestellten Randbedingungen. Solche Daten sind Fahrzeugnummer, Gewicht, Materialmenge, Zeitpunkt des Eintreffens/Abfahrens an der Mischanlage/Baustelle, Stand- und Pausenzeiten mit Begründung, Mischguttemperatur etc. Daraus lassen sich folgende automatische Auswertungen generieren (nach MAYER [2009]):

- die sich auf dem Weg zur Baustelle befindende Materialmenge,
- Entfernung des nächsten Lkw und Ankunftsprognose,
- Reihenfolge der eintreffenden Fahrzeuge,
- Nettowartezeit der Lkw,
- durchschnittliche Einbauleistung,
- aktueller durchschnittlicher Materialverbrauch,
- Restbedarfsmenge bis zur Zielstation,
- Weiterbearbeitungsmöglichkeit der Daten nach dem Export über eine geeignete Schnittstelle.

Mit Hilfe der ausgewerteten Daten lässt sich eine dynamische Steuerung durchführen, welche folgende Komponenten vorsieht [MAYER 2009]:

- Routenplanung mit Ausweichrouten,
- Bestimmung der Fahrzeugposition,
- Auftragsstatus Lkw und Fertiger,
- Nachrichtendienst zur Kommunikation aller Beteiligten,
- Koordination von Gesamtpausenzeiten über hinterlegte Lenk- und Pausenzeiten der Lkw-Fahrer und Pausenzeiten der Fertigungskolonnen,
- Erkennen von Taktungsabweichungen, Warnmeldung,
- dynamisches Eingreifen/Steuern.

5.3.4 Übertragbarkeit auf den Betriebsdienst

Die Recherche im Bereich der Landwirtschaft zeigte verschiedene interessante Technologien, welche im Straßenbetriebsdienst nicht in dieser Form im Einsatz sind, aber bei entsprechender Modifizierung durchaus interessante Anwendungspotenziale

bieten. Diese werden bei den Empfehlungen zur Nutzung neuer und innovativer IuK-Technologien (s. Kapitel 6) berücksichtigt.

In der Entsorgungswirtschaft sind die Aufgabenstellungen und ihre Anforderungen an Technologien dem Straßenbetriebsdienst recht ähnlich. Auch die eingesetzten Technologien sind in beiden Branchen vergleichbar. Verschiedene Hersteller bieten Systeme sowohl für die Entsorgungswirtschaft als auch für den Betriebsdienst, vor allem für den Winterdienst, an. Daher sind hier keine weiteren Technologien im Einsatz, sondern es zeigt sich nur, dass die Arbeitsprozesse zum Teil weitgehend durch entsprechende IuK-Technologien abgebildet werden. Das im Bereich des Straßenbaus eingesetzte Flottenmanagement weist keine innovativen Ansätze auf, die für den Straßenbetriebsdienst von besonderem Interesse sind.

5.4 Verkehrstelematik und Fahrzeugtechnik

5.4.1 Fahrzeug-Infrastruktur- und Fahrzeug-Fahrzeug-Kommunikation

Unter den Begriffen Fahrzeug-Fahrzeug- und Fahrzeug-Infrastruktur-Kommunikation lassen sich viele verschiedene Systeme zusammenfassen, welche mit unterschiedlichen technischen Komponenten funktionieren und verschiedenartige Ziele verfolgen. Allgemein meint Fahrzeug-Fahrzeug-Kommunikation, welche auch unter dem Begriff Car-to-Car-Kommunikation (C2C) bekannt ist, eine Datenübertragung unmittelbar von Fahrzeug zu Fahrzeug. Es werden also in einem Fahrzeug verschiedene Daten erhoben bzw. generiert und Fahrzeugen im unmittelbaren Umfeld zur Verfügung gestellt. Die so genannte Fahrzeug-Infrastruktur-Kommunikation (C2X) hingegen sieht eine Datenübertragung von Fahrzeugen zu Elementen der Straßeninfrastruktur vor. Dabei sind zwei Varianten zu unterscheiden: Die infrastrukturelle Komponente können so genannte Baken darstellen, welche an definierten Standorten installiert sind. In diesem Fall ist eine Datenübertragung immer beim Passieren dieser Standorte möglich. Zum anderen kann eine standortungebundene Datenübertragung über die bekannten Techniken des Mobilfunks erfolgen. Bereits durch diese Unterscheidung ergeben sich grundlegend andere Rahmenbedingungen. Insgesamt ist der Bereich Fahrzeug-Infrastruktur-Kommunikation ein sehr weites Feld. Verschiedenste

Anwendungen sind bereits am Markt, zu vielen anderen gibt es theoretische Überlegungen und zahlreiche Untersuchungen. Im Folgenden werden Systeme der Verkehrstelematik und/oder Fahrzeugtechnik vorgestellt, die die C2C bzw. C2X-Kommunikation in unterschiedlicher Weise einsetzen.

5.4.2 Informationssysteme über Fahrzeug-Infrastruktur-Kommunikation

In Betrieb: Betriebsleitsysteme im ÖPNV

Im Bereich des öffentlichen Personennahverkehrs, z. B. bei Bussen, sind bereits seit den achtziger Jahren rechnergestützte Betriebsleitsysteme realisiert, welche sich die Fahrzeug-Infrastruktur-Kommunikation zunutze machen. Es sind zahlreiche Systeme realisiert, welche auf den Grundlagen Fahrzeugortung, Datenkommunikation und Management (zentrale Fahrplanüberwachung) basieren. Für die Fahrplansteuerung ist ein dynamisches Übermitteln der benötigten Reisezeit wichtig, um über den Vergleich mit Sollwerten Störungen zu erkennen und eingreifen zu können. Die Fahrzeuge zeichnen Fahrzeiten zwischen definierten Punkten auf Bordrechnern auf und geben die Daten entweder über Nahbereichskommunikation an Baken oder über Mobilfunk weiter. Ein mögliches System der Datenübertragung zeigt Bild 37.

Die Daten aller ÖPNV-Verkehrsmittel im System laufen in einer zentralen Stelle zusammen. Mit Hilfe der Informationen bekommt die Zentrale Einblick in die aktuelle Verkehrslage und nötige Fahrplanän-

derungen oder Ähnliches. Neben der reinen Fahrzeit werden je nach System weitere Daten übertragen, z. B. die Dauer erfolgter Aufenthalte, die Fahrzeugbeladung oder Pausenzeiten des Fahrers.

In Betrieb: Verkehrsleit- und Informationssysteme über Floating Car Data (FCD)

Mit Hilfe von Floating Car Data lassen sich dynamische Verkehrsleitsysteme für den Individualverkehr realisieren. Floating Cars sind Fahrzeuge, welche im Verkehr sozusagen „mit schwimmen“. Diese lassen sich als mobile Sensoren einsetzen und erzeugen fahrzeuggenerierte Verkehrsdaten, welche über den Verkehrsfluss oder lokale Störungen Aufschluss geben können. Allein über Messschleifen werden Verkehrsstörungen oftmals erst sehr spät erkannt, da die Verkehrslage zwischen den stationären Messungen unklar bleibt. Deshalb ist es oftmals nicht möglich, Verkehrsteilnehmer entsprechend zeitnah zu informieren und umzuleiten [BREITENBERGER 2010]. Das Gesamtsystem der dynamischen Verkehrsleitung besteht aus den Floating Cars, deren Datenübertragung an eine Zentrale sowie einer Rückmeldung an die Fahrzeuge, welche dynamisch berechnete Reisezeiten und Routenempfehlungen enthält. Die Umsetzung kann mit Hilfe von Baken oder über Mobilfunk erfolgen.

Bei einem Bakensystem meldet das Fahrzeug beim Passieren der Baken automatisch seinen Standort und übergibt die gespeicherte Reisezeit zwischen definierten Streckenabschnitten. Zugleich bekommt der Nutzer eine dynamische Routenempfehlung

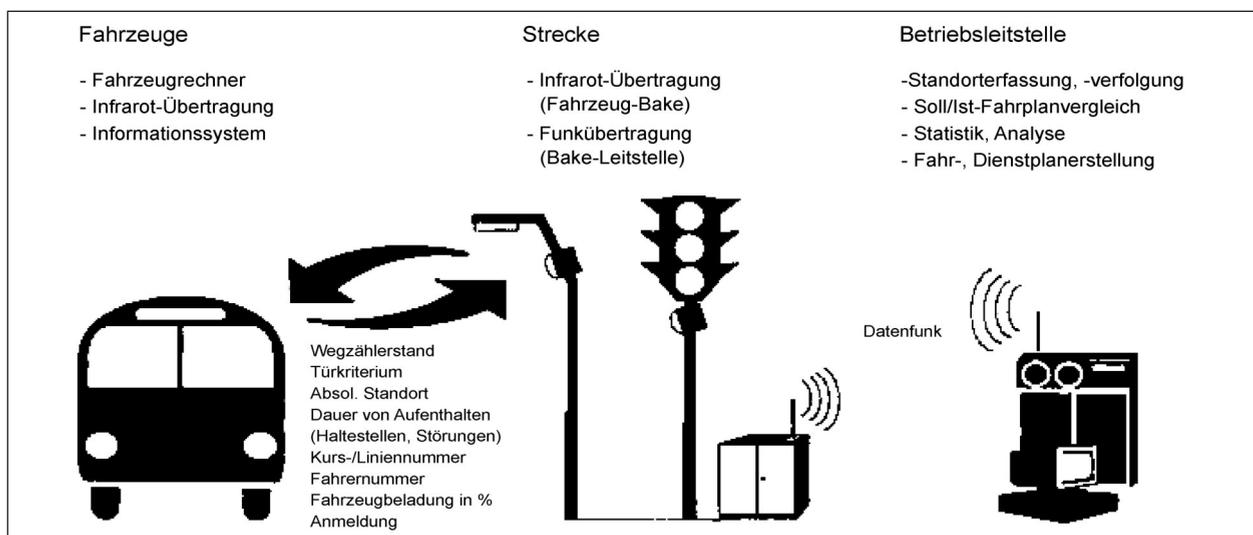


Bild 37: Mögliche Datenübertragung in einem Betriebsleitsystem des ÖPNV [HUBER 2001]

übertragen. Diese kann in der Zentrale aufgrund des Wissens über die Auslastung der mit Baken ausgestatteten Strecken ermittelt werden [HUBER 2001].

Mobilfunk- bzw. funkgestützte Systeme der FCD-Technik sind in deutschen Privat-Pkw verschiedener Marken gehobener Klasse oder auch in Taxiunternehmen bereits in Betrieb. Die Fahrzeuge sind mit Sensoren zur Erfassung der Streckengeschwindigkeit ausgestattet. Die Positionsbestimmung kann über einen so genannten TCM-Locator streckenabschnittsbezogen oder über GPS erfolgen. Über Mobilfunk werden diese Daten anonym an die Zentrale gesandt. Dort kann man darüber auf Verkehrsstörungen bzw. die aktuelle Verkehrslage auf bestimmten Streckenabschnitten schließen. Für die Nutzer kann aus diesen Daten eine Meldung über aktuelle Reisezeiten abgeleitet werden, welche dann auch als Grundlage für eine Alternativrouten-Bestimmung dienen können. Die Rückmeldungen kommen in den Navigationssystemen der Pkw an. Dies erfolgt in einem exemplarischen System über TMCpro, eine verschlüsselte Form des TMC, bei dem die Datenmenge relativ begrenzt ist [SCHEDLER 2010]. Dieses System ist seit 1999 in Betrieb. Zukünftig wird die Datenübertragung in beide Richtungen über Mobilfunk erfolgen, da die Kosten dafür gesunken sind.

Die Käufer der Pkw erklären sich schriftlich zur Übermittlung der Floating Car Data bereit und kommen im Gegenzug dazu in den Genuss der Dienste des Systems. 2004 waren 40.000 aktive FCD-Fahrzeuge im deutschen Straßennetz unterwegs, was 0,09 % des Pkw-Bestands entsprach. Bei dieser geringen Durchdringungsrate sind gesicherte Aussagen zur Verkehrslage besonders im untergeordneten Netz nur schwer möglich [BREITENBERGER 2010]. Dieses System ist bereits als Stand der Technik zu betrachten, die Funktionstüchtigkeit steht außer Frage

In Betrieb und Weiterentwicklung: Bakensystem zur Fahrzeug-Infrastruktur- Kommunikation in Japan

Bereits seit 1996 ist in Japan ein Fahrerinformationssystem für den Individualverkehr auf der Basis von Straßeninfrastrukturbaken in Betrieb. Es werden verschiedene Meldungen, wie Straßenspernung, Stau o. Ä., über die Baken an entsprechende Empfangsgeräte der Fahrer weitergegeben. Laut KAWAMATA et al. [2010] sind 70 % der 2009 ver-

kauften Navigationsgeräte geeignet, die Daten der Baken zu empfangen. Die Datenübertragung zwischen Baken und Empfangsgerät erfolgt über Kurzstreckenfunk bestimmter Wellenlänge. In dem laufenden System findet lediglich eine Verbreitung der Warnmeldungen von den Baken zu den Fahrzeugen statt. Es werden keine Fahrzeugdaten an die Infrastruktur gegeben. Die jeweiligen Meldungen entstammen externen Quellen, wie Kontrollfahrten entsprechenden Personals oder stationärer Zähl- und Messstellen am Straßenrand.

Zukünftige Entwicklungen sehen eine Datenübertragung in beide Richtungen zwischen Pkw und Infrastruktur vor. Mit Hilfe der Nutzung anderer Übertragungsfrequenzen können Infrastrukturbaken dann auch uploadfähig sein. Dadurch können Fahrzeuge des Individualverkehrs Daten liefern, wodurch sich im Vergleich zum gegenwärtigen System eine größere Anzahl wesentlich aktuellerer Meldungen erzeugen lässt.

In einem besonders schneereichen und damit für Verkehrsstörungen gefährdeten Gebiet Japans wurden Versuche zur Nutzung von Floating Car Data von Pkw durchgeführt. Die Fahrzeuge meldeten Position, Fahrtrichtung, Geschwindigkeit und Beschleunigung, wobei Daten zur Reduktion des Datenvolumens nur bei Über- bzw. Unterschreitung von festgelegten Grenzwerten erfolgten. Die durchgeführten Testfahrten ergaben, dass durch Auswertung der Daten folgende Verkehrsstörungen detektiert werden können [HARUYAMA et al. 2010]:

- plötzliche, starke Geschwindigkeitsreduktion wie sie beispielsweise aufgrund eines Hindernisses auf der Fahrbahn auftreten kann,
- schrittweise Reduktion der Geschwindigkeit bei Annäherung an einen Stau. Länge und Zeitdauer zum Passieren des Staus können ebenfalls erkannt werden,
- plötzliche Ausweichmanöver.

Als Fazit der Tests ergab sich eine prinzipielle Eignung der Pkw-Daten zum Erkennen von Auffälligkeiten im Verkehrsfluss. Des Weiteren wird die Nutzung der Fahrzeug-Infrastruktur-Kommunikation über Bakensysteme sowie deren technische Leistungsfähigkeit als positiv bewertet. HARUYAMA et al. [2010] geben an, dass es sinnvoll wäre, weitere Fahrzeugdaten in Meldungen des Systems einzubeziehen, und nennt explizit die Erhebung von Wetterdaten als geplante Entwicklung.

Entwicklung: Übermittlung von Wetterdaten und Fahrbahnzuständen über XFCD

XFCD steht für Extended Floating Car Data (extended = erweitert) und stellt eine Ausweitung des FCD-Systems dar. Neben dem Verkehrsfluss, welcher bereits mit den gegenwärtigen FCD analysiert wird, erfasst das erweiterte System zukünftig auch Witterungs- und Fahrbahnverhältnisse sowie plötzlich auftretende Verkehrsstörungen aus den Daten der Verkehrsteilnehmer. Die Datenerhebung zum Ermitteln der Straßenwetterverhältnisse erfolgt durch Auswertung von Sensoren sowie Steuerungs- und Regelungsinstrumente in Pkw. Über diese Information kann auf die Wetter- bzw. Straßenverhältnisse geschlossen werden und es lassen sich im Fahrzeug oder über eine Datensammlung an zentraler Stelle entsprechende Meldungen generieren. Diese können über C2C- oder C2X-Kommunikation an andere Verkehrsteilnehmer übertragen werden, welche entsprechend den Meldungen reagieren können, z. B. bei einer Meldung über behindernde Witterungsverhältnisse kann eine andere Fahrtroute gewählt werden [BRADLEY 2009].

In einem 2001 erarbeiteten Konzept erfolgt die Erkennung einer konkreten Situation unmittelbar im Fahrzeug, indem die in einem Bordrechner integrierte Software die stetig erhobenen Daten mit Hilfe erwähnter Algorithmen auswertet. Sobald eine meldungsbedürftige Situation vorliegt, erfolgt eine Datenübertragung mittels Mobilfunks an einen zentralen Server. Die Weiterverbreitung gemeldeter Situationen an andere Verkehrsteilnehmer ist über den Funkdienst TMC oder Mobilfunk denkbar. Außerdem werden in die Rückmeldung an die Verkehrsteilnehmer auch Daten aus stationären Wetter- und Verkehrsmessstellen einbezogen. In diesem Konzept sind folgende Datenquellen als Rohdaten des XFCD-Systems vorgesehen [HUBER 2001]:

- Daten aus den Fahrzeugkomponenten der allgemeinen Grundausstattung, z. B.
 - aktuelle Fahrzeuggeschwindigkeit,
 - Schaltzustand der Beleuchtungen,
 - Schaltzustand des Scheibenwischers,
 - Pedalstand Gas und Bremse,
- Daten aus Fahrassistenzsystemen
 - Brems- und Regel- und Stabilitätssysteme (ABS, ESP etc.),
 - Tempomat,

- konstante Fahrzeugdaten (Leistung, zulässige Höchstgeschwindigkeit),
- Daten aus verschiedenen Sensoren z. B. Regensensor,
- Daten aus dem Navigationsgerät
 - Ortskoordinate,
 - Straßenklasse.

2006 waren in München zwei Testfahrzeuge eines deutschen Autobauers mit der XFCD-Technik nach diesem Konzept unterwegs. Ziel des Projekts war die Erfassung von Niederschlägen und Sichtbehinderungen, der Lufttemperatur, von akuter verminderter Griffbarkeit sowie anderen lokalen Störungen auf BAB mit Hilfe von XFCD. Die durchgeführte Testphase sollte hauptsächlich dazu dienen, die Datenqualität der XFCD zu analysieren und die Algorithmen zur Bewertung verschiedener Verkehrs- und Witterungssituationen zu ermitteln. Die Art der Datenübertragung stand in der erwähnten Testphase eher im Hintergrund. Es wurde teilweise GSM genutzt oder Daten wurden erst nach Beendigung der Fahrt ausgelesen. Das Projekt stockte zwischenzeitlich etwas, wofür die Frage der Datenübertragung im Fall der Serienimplementierung und vor allem die dadurch entstehenden Kosten auch ein Grund waren.

Als Ergebnis zeigte sich, dass die Ermittlung von Algorithmen, mit denen aus erhobenen Rohdaten tatsächliche Aussagen über die Verkehrssituation und den Fahrbahnzustand gegeben werden können, besonders bedeutsam ist. Außerdem besteht noch erheblicher Entwicklungsbedarf in Bezug auf die Sensortechnik und die Algorithmen, um trotz der Fehlereinflüsse zuverlässige Meldungen erzeugen zu können. Es ist nicht immer eindeutig, welche Rückschlüsse aus eingehenden Daten gezogen werden können. Ein Beispiel dafür ist die Verwendung der Nebelschlussleuchte. Aus diesem Signal könnte eigentlich auf schlechte Sicht geschlossen werden, jedoch ist das Problem eines falschen Nutzerverhaltens nicht auszuschließen.

2008 wurden mit Prototypen eines ähnlichen Systems Tests in Detroit durchgeführt. Es ging darum, über Pkw erhobene Wetterdaten mit den Werten traditioneller Messstationen zu vergleichen. Die erzielten Ergebnisse in Bezug auf die Temperaturverhältnisse waren bereits recht gut. Allerdings sollte noch weiter an der Verfeinerung der Gesamttechnik gearbeitet werden, in Bezug auf die Erfassung be-

lastbarer Daten hat man noch mit zahlreichen Störfaktoren zu kämpfen. Insgesamt glaubt man aber fest an die zukünftige Verwirklichung des Systems und an dessen Nutzen [BRADLEY 2009].

Im Rahmen des Projekts „Ermittlung witterungsbedingter Fahrbahnzustände auf Autobahnen mit Hilfe fahrzeuggenerierter Daten“ wurden ebenfalls Datenqualitäten analysiert [BUSCH/DINKEL 2010]. Ziel des Projekts war die Entwicklung eines Modells, mit dem sich (kritische) witterungsbedingte Fahrbahnzustände besser erkennen lassen. Das Konzept bestand aus einer Fusion von stationären Messwerten und Fahrzeugdaten. Die stationären Messwerte wurden aus den GMA des Testfelds „Eching Ost“ (s. Kapitel 2.1.3) sowie verschiedenen Streckenbeeinflussungsanlagen im Bereich der Teststrecken bezogen. Zur Gewinnung der Fahrzeugdaten wurden Testfahrten in den Wintermonaten der Jahre 2008 und 2009 durchgeführt. Als Versuchsfahrzeuge kamen zwei nicht modifizierte Fahrzeuge der Baujahre 2005 und 2006 zum Einsatz. Eines der Fahrzeuge enthielt einen Regensensor als Sonderausstattung. In den Fahrzeugen werden lediglich Lufttemperatur und Niederschlagsvorkommen unmittelbar durch sensorische Messung erfasst. Die weiteren Daten der stationären Messstationen (Fahrbahnzustand², Fahrbahntemperatur, Luftfeuchtigkeit und Niederschlagsart) können durch die Fahrzeuge nicht direkt erhoben werden. Es wurden verschiedene Thesen aufgestellt, mit denen die gesuchten Größen aus verfügbaren Fahrzeugdaten ableitbar sind:

- Fahrbahnzustand

Für die Ermittlung des Fahrbahnzustands setzte man auf eine Auswertung der Aktivitäten von Antiblockiersystem (ABS), Antriebsschlupfregelung (ASR) und Electronic Stability Control (ESC) in Kombination mit den erfassten Geschwindigkeiten von Fahrzeug und einzelnen Rädern. Des Weiteren wird davon ausgegangen, dass aus einem Abgleich der Fahrzeuggeschwindigkeit mit den Geschwindigkeiten einzelner Räder auf extreme Fahrbahnzustände geschlossen werden kann, da auch die vorgenannten Systeme über diesen Abgleich arbeiten.

- Fahrbahntemperatur

Es wird angenommen, dass sich die Fahrbahntemperatur aus der im Fahrzeug gemessenen Lufttemperatur ableiten lässt.

- Niederschlag

Zur Erfassung von Niederschlag und dessen Intensität werden die Wischeraktivität am Fahrzeug sowie der Regensensor verwendet.

Die Auswertung der Testfahrten kam zu folgenden Ergebnissen: Mit Hilfe der Steuerungs- und Regelungssysteme ABS, ASR und ESC sind keine Rückschlüsse auf den Fahrbahnzustand möglich. Die Systeme wurden während der Testfahrten zu selten aktiv. Auch der Zusammenhang der Radgeschwindigkeiten zu den Fahrbahnzuständen ließ sich nicht in vermuteter Form bestätigen, sodass eine Erfassung der definierten Fahrbahnzustände über XFCD keine brauchbaren Resultate erbrachte. Die Ermittlung der Lufttemperatur und der Niederschlagsintensität lieferte hingegen brauchbare Werte. Die ausgegebene Lufttemperatur der Fahrzeugmessungen liegt jedoch lediglich in Intervallen von 0,5 °C vor, wohingegen die stationären Messstationen eine Auflösung von 0,1 °C liefern. Es zeigte sich, dass der Zusammenhang von Luft- und Fahrbahntemperatur zahlreichen Einflüssen unterliegt, weshalb die Möglichkeit zur Ermittlung der Fahrbahntemperatur über Algorithmen auf Basis der Messung der Lufttemperatur kritisch bewertet wird. Die auftretenden Differenzen konnten nicht sicher eingegrenzt werden. Die Niederschlagsart lässt sich über die Fahrzeugdaten nicht unmittelbar bestimmen, sondern muss durch Betrachtung der Niederschlagsintensität im Zusammenhang mit der Temperatur abgeleitet werden [BUSCH/DINKEL 2010].

Im Rahmen des schweizerischen Forschungsprojektes „Optimierung der Verkehrssicherheit und des Verkehrsflusses im Winter durch den Einsatz moderner Kommunikationstechnologie im Straßenbetrieb“ [RUESS/HOLLDORB 2007] wurden ebenfalls mobile und stationäre Messungen der Fahrbahntemperatur verglichen. Hierfür wurden aufgezeichnete Messdaten, die in Winterdienst Einsatzfahrzeugen mit einem Infrarotthermometer erfasst wurden, Messdaten stationärer GMA gegenübergestellt. Es wurde deutlich, dass aufgrund von Messtoleranzen, Genauigkeit der Aufzeichnung und Positionierung etc. Differenzen von bis zu 2 °C zu erwarten sind. Diese sind u. a. darin begründet, dass bei der mo-

² Fahrbahnzustände bezeichnen die für den Winterdienst relevante Beschaffenheit der Fahrbahnoberfläche: trocken, feucht, nass, extrem nass, Glätte.

bilen Messung die Temperatur auf der Oberfläche und bei der stationären Messung die Temperatur in der Deckschicht gemessen werden, sodass bei der ersten Messmethode atmosphärische Einflüsse sowie ein ggf. vorhandener Wasserfilm die Messwerte stärker beeinflussen als bei der stationären Messung. Somit sind insbesondere bei direkter Sonneneinstrahlung und bei nasser Fahrbahn geringere Übereinstimmungen möglich. Mit Hilfe von Korrelationsrechnungen konnte in einem weiteren Schritt nachgewiesen werden, dass die Abweichung der Messwerte durch regelmäßige Referenzierung an einer festen Messstation auf ca. 1 °C reduziert werden kann. Gegenwärtig forscht der Entwickler der beiden Testfahrzeuge, welche 2006 in München unterwegs waren, wieder verstärkt an dem Konzept. Die Kosten für die Datenübertragung sind gesunken und aufgrund von Weiterentwicklungen in der Fahrzeugtechnik stehen zukünftig zahlreiche weitere Sensoren zur Verfügung, welche Rohdaten für das XFCD-System generieren können. Speziell zu erwähnen sind hierbei

- Frontkamera, Infrarotkamera, Radar,
- verbesserte Radsensorik und Giersensoren,
- verbesserte Regendetektion, Feuchtigkeits- und Luftdrucksensoren,
- hochgenaue Orts- und Fahrwegschätzer.

Diese Sensoren werden sich laut Entwickler zur Serienausstattung in Pkw etablieren, da sie für verschiedene Zwecke zum Einsatz kommen, wodurch die Umsetzung eines XFCD-Systems ohne zusätzliche Kosten für die Sensortechnik möglich sein kann. Über die XFCD sollen Aussagen zur Sichtweite bedingt durch Nebel, starken Niederschlag/Schneefall und zur Griffigkeitsminderung der Fahrbahn, bedingt durch Aquaplaning, Eis/Schnee, möglich sein. Ggf. ist hierfür eine Kombination der Messdaten mit externen Quellen, z. B. Wetterinformationen, erforderlich. Neben dem Erkennen des Straßenwetters wird auch an der präzisen Erfassung von Blockaden des Fahrwegs, z. B. Stauende oder Tiere auf der Fahrbahn, geforscht. Der Hersteller beschreibt die Forschungsergebnisse insgesamt als positiv und geht von einer zeitnah realisierbaren Marktreife aus.

Inwieweit es tatsächlich zu einer Marktreife der XFCD im Individualverkehr kommen wird, ist insgesamt schwer abschätzbar. Zum einen haben verschiedene Projekte gezeigt, dass die generierten

Daten nicht ausreichend präzise sind, andererseits geben Hersteller positive Entwicklungsergebnisse durch neuere Sensoren an. Beim europäischen Projekt „Roadidea“ wurde die Idee der Sammlung von Wetterdaten durch Fahrzeuge („Road Eye“) nicht weiter verfolgt, da das Gesamtkonzept aus zahlreichen Projekten und Forschungen bereits bekannt war und nach vergangenen Erfahrungen nie bis zur Marktreife gekommen ist, was gegebenenfalls auch an einem mangelnden Absatzmarkt liegen kann [KELPIN 2010].

Entscheidend für ein funktionstüchtiges System ist neben der Datenqualität auch ein ausreichender Durchdringungsgrad unter den privaten Pkw. Allerdings kann auf die Frage, wie viele Nutzer es geben muss, um stets gesicherte Aussagen über die Verkehrslage treffen zu können, keine einfache Antwort gegeben werden. Zum einen muss dabei festgelegt werden, wie viele Fahrzeuge das Ereignis melden müssen, um von einer gesicherten Aussage sprechen zu können. Außerdem ist die Höhe des Verkehrsaufkommens, welches je Streckenabschnitt und Uhrzeit sehr stark schwanken kann, von enormer Bedeutung. Als sicher detektiert könnte ein Ereignis betrachtet werden, wenn es von drei ankommenden XFCD-Fahrzeugen erfasst wird. Unter diesen Bedingungen wird beispielsweise auf einer Strecke mit einem Verkehrsaufkommen von 1.000 Kfz/h ein Ereignis innerhalb von 10 Minuten erkannt, wenn eine Durchdringungsrate von 3,8 % XFCD-Pkw vorliegt. Bei einer geringeren Durchdringungsrate ist die Detektionszeit entsprechend erhöht bzw. kann nur bei größerem Verkehrsaufkommen aufrechterhalten werden. Wenn speziell die Verkehrsmengen auf Bundesautobahnen betrachtet werden und man davon ausgeht, bestimmte Meldungen bereits durch ein Fahrzeug als sicher erfasst zu betrachten, so lassen sich mit einer Durchdringungsrate von 2,5 % Störungen, wie beispielsweise Staus, auf Bundesautobahnen zu 90 % innerhalb von 10 Minuten detektieren [BREITENBERGER 2010].

Forschung: mobilfunkgestütztes Gefahrenwarnsystem für Fahrzeuge des Individualverkehrs (Projekt AKTIV CoCar)

Das Forschungskonsortium AKTIV (Adaptive and Cooperative Technologies for Intelligent Traffic) erarbeitete eine Machbarkeitsstudie zum Thema Fahrzeug-Infrastruktur-Kommunikation unter besonderer Berücksichtigung der technische Poten-

ziale gegenwärtiger Mobilfunksysteme. Die CoCar-Studie (Cooperative Cars) betrachtet verschiedene Anwendungsmöglichkeiten der Fahrzeug-Infrastruktur-Kommunikation in Bezug auf die technische Realisierbarkeit und schließt auch Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen für die erarbeiteten Ideen ein [AKTIV 2009].

Ein so genanntes CoCar-Gefahrenwarnsystem wurde als eine Anwendung identifiziert, die technisch mit den gegenwärtig genutzten Mobilfunksystemen bereits realisierbar ist und wirtschaftlich umgesetzt werden könnte. Das CoCar-Gefahrenwarnsystem wurde aufgrund dieser Potenziale prototypisch realisiert und wird deshalb im Folgenden genauer erläutert.

Im CoCar-System senden und empfangen Fahrzeuge des Individualverkehrs Warnmeldungen über Mobilfunk. Die zentrale Steuerung des CoCar-Systems besteht aus drei Komponenten (Reflector, Aggregator, Geocast Manager) und macht sich die zelluläre Struktur des Mobilfunknetzes zunutze (s. Bild 38). Sendet ein Fahrzeug eine Warnmeldung aus, wird diese über das Mobilfunknetz aufgenommen und an erster Stelle über den Reflektor unmittelbar an die Fahrzeuge in der Nähe zurückgegeben, die durch die zelluläre Struktur des Mobilfunknetzes unmittelbar identifizierbar sind. Diese reflektierten Meldungen werden vor ihrer Weitergabe nicht geprüft oder bearbeitet, sie erreichen die anderen Fahrzeuge daher unmittelbar und extrem schnell. Dieser Datenweg kann als zelluläre Fahr-

zeug-Fahrzeug-Kommunikation bezeichnet werden, d. h., Meldungen werden nur von Pkw zu Pkw geleitet, jedoch mit Hilfe einer infrastrukturellen Komponente. Des Weiteren gehen die einzelnen Fahrzeugmeldungen an den „Aggregator“, dort werden sie abgeglichen, kombiniert und ggf. durch externe Informationen ergänzt. Darüber hinaus wird geprüft, für welche Streckenabschnitte die jeweiligen Daten relevant sind. Über den Geocast Manager werden Meldungen in den entsprechenden Funkzellen ausgegeben und können je nach Bedarf nur in kleinen Bereichen oder großflächig an die Verkehrsteilnehmer verbreitet werden. Für die verschiedenen Datenarten werden unterschiedliche Datenprotokolle verwendet (FTAP, TPDP, TPEG, s. Bild 38), um mit den verfügbaren Mobilfunkkapazitäten die verschiedenen Anforderungen, wie die möglichst schnelle Übertragung oder die zeitgleiche Übertragung an sehr viele Nutzer, erfüllen zu können [AKTIV 2009].

Das beschriebene Gefahrenwarnsystem ist technisch problemlos realisierbar, sofern die Mobilfunktechnik UMTS zu Verfügung steht [AKTIV 2009]. Das UMTS-Netz ist in Deutschland gegenwärtig nicht vollständig flächendeckend ausgebaut, jedoch nach Aussagen der Anbieter bereits in zahlreichen Gebieten verfügbar. In dem flächendeckend verfügbaren GSM-Netz kann das System über GPRS oder EDGE ebenfalls verwendet werden. Dabei kann es Einschränkungen in der Nutzungsqualität geben, welche jedoch besonders in der Implementierungsphase hinnehmbar seien.

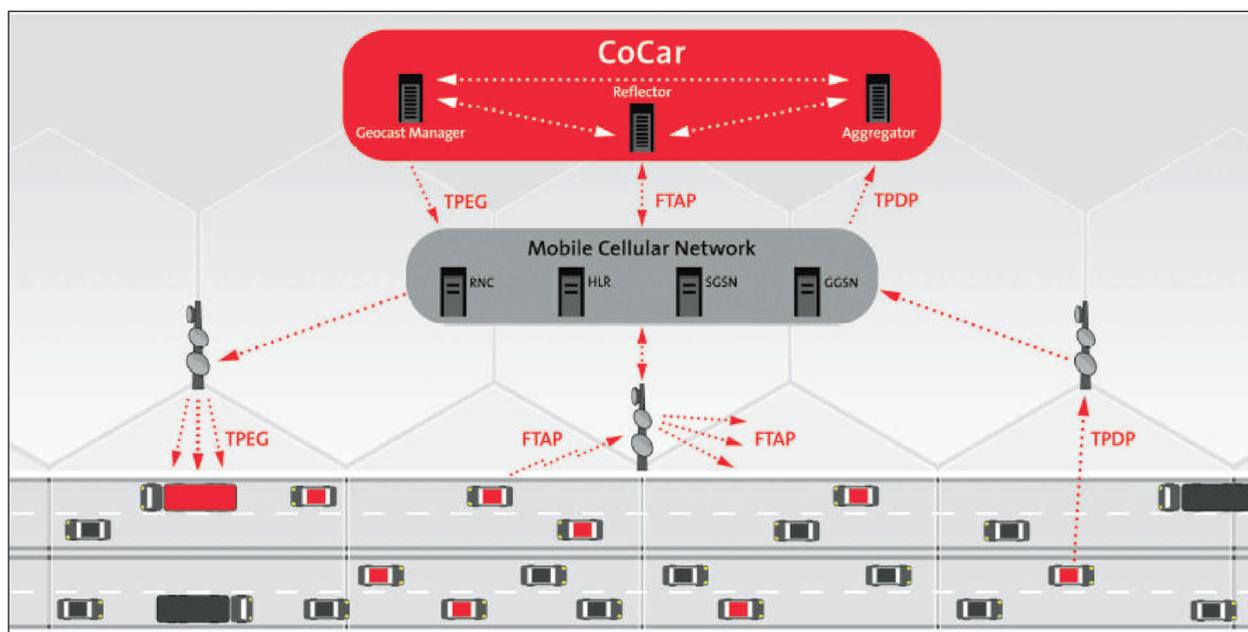


Bild 38: Übersicht CoCar-Gefahrenwarn-System [AKTIV 2009]

AKTIV [2009] gibt an, dass die CoCar-Gefahrenwarnungen bereits ab 2014 realisierbar wären, dabei ist eine Roll-out-Zeit von zwei Jahren eingerechnet. Insgesamt wird das System wie bereits erwähnt als finanziell umsetzbar eingestuft, da sich wirtschaftliche Vorteile für die privaten Verkehrsteilnehmer, gewerbliche Nutzer und die Gesellschaft ergeben. In die Systemrealisierung seien die Öffentliche Hand, die Mobilfunkbetreiber sowie die Fahrzeughersteller einzubeziehen [AKTIV 2009].

Als Fazit der Studie ergab sich, dass bereits die vielfach verfügbaren Mobilfunktechnologien, im Besonderen UMTS, ausreichende Kapazitäten für eine anspruchsvolle Datenübertragung zur Nutzung in der Fahrzeug-Infrastruktur- und der Fahrzeug-Fahrzeug-Kommunikation bieten und sich daher Anwendungen ohne besondere Infrastrukturinvestitionen implementieren lassen. Darüber hinaus benennt die CoCar Feasibility Study verschiedene Nutzungen der Fahrzeug-Infrastruktur-Kommunikation, welche aufgrund zu hoher Anforderungen an die Geschwindigkeit der Datenübertragung und das zu übertragene Datenvolumen mit diesen Mobilfunktechnologien als nicht realisierbar eingestuft wurden, mit der zukünftigen LTE-Technik (s. Kapitel 2.1.1) jedoch funktionieren würden. Zwischenzeitlich hat der Ausbau des LTE-Netzes bereits im Kleinen begonnen und die Möglichkeiten mobiler Datenübertragung entwickeln sich ungebremst weiter. Somit ergeben sich weitere Potenziale für die Nutzung in der Fahrzeug-Fahrzeug- und Fahrzeug-Infrastruktur-Kommunikation [AKTIV 2009]. In dem Nachfolgeprojekt CoCarX (Cooperative Cars eXtended) werden unter anderem die

Leistungsfähigkeit von LTE und dessen Potenziale für die Anwendung im Fahrzeugbereich untersucht [AKTIV 2011].

Forschung: Fahrzeug-Infrastruktur- und Fahrzeug-Fahrzeug-Kommunikation zur Optimierung des Individualverkehrs (Projekt SIM-TD)

Das Projekt Sim-TD (Sichere Intelligente Mobilität – Testfeld Deutschland) beschäftigt sich mit der Erforschung der Fahrzeug-Infrastruktur- und Fahrzeug-Fahrzeug-Kommunikation vor dem Hintergrund der Optimierung des Individualverkehrs und will die politischen, wirtschaftlichen und technologischen Rahmenbedingungen zur Einführung dieser Techniken vorbereiten. In das Projekt sind unter anderem die Ergebnisse aus den Projekten AKTIV (s. oben) und TRAVOLUTION (s. Kapitel 5.4.3) eingeflossen.

Das Projekt besteht aus zahlreichen Teilprojekten, wobei ein Aspekt die Identifikation sinnvoller Anwendungen war. Die zur Umsetzung ausgewählten Dienste sind nach den Kategorien Erhöhung der Verkehrseffizienz, Verkehrssicherheit sowie Mehrwertdienste gegliedert und in Tabelle 10 dargestellt. In verschiedenen Anwendungsszenarien soll hierzu geklärt werden, welche Daten konkret wie benötigt werden.

Im Rahmen des Projekts gilt es weiterhin, die technischen Möglichkeiten der C2X- bzw. C2C-Kommunikation und ihre Leistungsfähigkeiten in reali-

Verkehr	Fahren und Sicherheit	Ergänzende Dienste
Erfassung der Verkehrslage und ergänzender Informationen/Basisdienste: <ul style="list-style-type: none"> • infrastrukturseitige Datenerfassung; • fahrzeugseitige Datenerfassung; • Ermittlung der Verkehrswetterlage; • Ermittlung der Verkehrslage; • Identifikation von Verkehrseignissen 	lokale Gefahrenwarnung: <ul style="list-style-type: none"> • Hinderniswarnung • Stauendwarnung • Straßenwetterwarnung • Einsatzfahrzeugwarnung 	Internetzugang und lokale Informationsdienste: <ul style="list-style-type: none"> • internetbasierte Dienstnutzung; • Standortinformationsdienste
Verkehrs(fluss-)Information und Navigation: <ul style="list-style-type: none"> • Straßenvorausschau; • Baustelleninformationssystem; • erweiterte Navigation 	Fahrerassistenz: <ul style="list-style-type: none"> • Verkehrszeichen-Assistent/-Warnung; • Ampel-Phasen-Assistent/-Warnung; • Längsführungsassistent; • Kreuzungs-/Querverkehrsassistent 	
Verkehrs(fluss-)Steuerung: <ul style="list-style-type: none"> • Umleitungsmanagement; • Lichtsignalanlagen Netzsteuerung; • lokale verkehrsabhängige Lichtsignalanlagensteuerung 		

Tab. 10: Dienste der C2X- und C2C-Kommunikation aus dem Projekt SIM-TD [SIM-TD Consortium 2011]

tätsnahen Verkehrsszenarien zu untersuchen, um weiteren Entwicklungsbedarf der Technologien erkennbar zu machen. Es sind verschiedene Teststrecken, unterteilt nach den Bereichen Autobahn, Landstraße und Stadtstraße, im Raum Frankfurt eingerichtet. Erforscht werden die Fahrzeug-Fahrzeug-Kommunikation sowie die Fahrzeugkommunikation mit Infrastrukturbaken, jeweils mit funkgestützter Übertragung. Diese Road Side Stations sind hierzu im Bereich der Teststrecken aufgebaut. Ergänzend wird im Einzelnen auch Mobilfunk über GPRS und UMTS zur Übertragung hinzugezogen. Abschließende Ergebnisse der Untersuchungen liegen noch nicht vor. SIM-TD wurde 2008 begonnen und ist auf vier Jahre angelegt [SIM-TD Consortium 2011]

5.4.3 Fahrerassistenzsysteme über Fahrzeug-Infrastruktur- bzw. Fahrzeug-Fahrzeug-Kommunikation

Fahrerassistenzsysteme, wie sie nachfolgend aufgeführt werden, unterscheiden sich von Informationssystemen in Kapitel 5.4.2 insoweit, als dass auf Basis verschiedener Daten durch ein System unmittelbar in die Steuerung des Fahrzeugs eingegriffen wird. Die in Kapitel 5.4.2 genannten Informationssysteme geben vordergründig lediglich verschiedene (Warn-)Meldungen an die Fahrer.

Betriebsbereit: adaptive Geschwindigkeitsregelung

Adaptive Geschwindigkeitsregelung oder auch automatische Distanzregelung bezeichnet ein Fahrerassistenzsystem in Fahrzeugen, welches die aktuelle Geschwindigkeit automatisch an die des Vorfahrenden anpasst. Über einen Sensor am Fahrzeug werden die Geschwindigkeit und der Abstand des Vorfahrenden ermittelt. Mit diesen Informationen greift das System in die Fahrweise ein, indem Motor und Bremsen je nach Bedarf angesprochen werden. Das System ist unter der Bezeichnung ACC (Adaptive Cruise Control) oder anderen anbieterspezifischen Bezeichnungen bereits in Fahrzeugen zahlreicher Hersteller verfügbar [ADAC 2010a]. Laut ADAC [2010b] wird Adaptive Cruise Control aufgrund der EU-Verordnung 661/2009 ab 2013 für alle neuen und ab 2015 für alle laufenden Lkw-Modelltypen zur Pflichtausstattung.

Entwicklung: elektronische Deichsel für Lkw und Individualverkehr

Das System „elektronische Deichsel“ ist eine Technik, bei der zwei oder mehrere Fahrzeuge virtuell zu einem Gespann aneinandergelagert werden (s. Bild 39). Nur das vorausfahrende Fahrzeug muss von einem Fahrer gelenkt werden. Nachfolgende Fahrzeuge folgen automatisch der Fahrt des Vorderen. Somit kann mit dem System ein Fahrer mehrere Fahrzeuge lenken, sodass die Fahrer in den nachfolgenden Fahrzeugen sich nicht auf den Verkehr konzentrieren müssen und so entlastet werden. Die aneinandergelagerten Fahrzeuge fahren mit sehr kurzen Abständen, dadurch können sich Kapazitätslücken des Verkehrs, welche sich durch das sonst individuelle Brems- und Beschleunigungsverhalten ergeben, geschlossen werden. Vor allem bei Betrachtung der Lkw-Kolonnen auf den rechten Fahrstreifen deutscher Autobahnen ist es einleuchtend, dass ein besserer Verkehrsfluss zu erreichen wäre, wenn sich diese Lkw in gleichmäßigem Konvoi mit minimierten Abständen bewegen [BERND 2003].

Um eine Abstimmung des Fahrverhaltens an das des jeweiligen Vordermanns zu erreichen, greift die elektronische Deichsel nach dem Prinzip des ACC in Brems- und Beschleunigungsvorgänge des Fahrzeugs ein. Zudem kommt die Technik der Fahrzeug-Fahrzeug-Kommunikation zum Einsatz. Die Datenübertragung zwischen den beteiligten Lkw erfolgt über eine Funkverbindung mit extrem kurzer Übertragungsverzögerung. Das vorausfahrende Fahrzeug meldet Bremsen, Beschleunigen und den Fahrwinkel an den Nachfahrenden, zusätzlich messen verschiedene Sensoren stets Abstand und Fahrwinkel des vorderen Fahrzeugs. Der Nachfahrende führt aber nicht einfach gleichzeitig dieselbe Bewegung aus wie der Vordermann oder reagiert nur auf sich ändernde Abstände. Es wird vielmehr ein virtueller Weg des Vorfahrenden berechnet, welchem der Angehängte folgt, d. h., er führt die jeweiligen Kommandos erst dann aus, wenn er sich an der entsprechenden Stelle befindet, an der auch der Vorfahrende z. B. in diese Richtung gelenkt hat. Zu betonen ist, dass dieser virtuelle Weg eine errechnete Größe ist. GPS wird für die Ortsbestimmung nicht genutzt, da es hinsichtlich Genauigkeit und Verfügbarkeit als viel zu unzuverlässig eingestuft wird. Die Reichweite der verwendeten Funktechnik kann 2 km betragen, wird aber für die elektronische Deichsel auf eine Fahrt mit 4 bis 8 m Abstand eingestellt. Auch der Kraftstoffverbrauch lässt

sich durch den so erreichten geringeren Luftwiderstand merklich reduzieren, sodass die Kosten für den Transport und die Schadstoffemissionen gesenkt werden. Natürlich würden auch die Fahrer der Lkw durch diese Steuerung enorm entlastet werden [SCHUH 1999].

Ein befragter Hersteller will das System 2011 für Lkw im nicht öffentlichen Verkehrsraum auf den Markt bringen. Seine Technik funktioniert so weit sicher, um auch einer TÜV-Prüfung standzuhalten. Bild 39 zeigt eine Fahrt mehrerer Lkw mit der elektronischen Deichsel. Interessierte Kunden haben für Prototypen mit Investitionskosten in einer Größenordnung von 80.000 € zu rechnen. Dies beinhaltet alle technisch nötigen Komponenten für einen Konvoi, bestehend aus einem vorausfahrenden und einem nachfolgenden Fahrzeug, welche sich auf nicht öffentlichen Straßen bewegen. In dieser Kostenangabe sind größtenteils noch benötigte Entwicklungskosten enthalten. Sollte es zu einer Serienproduktion kommen, rechnet man mit 5.000 bis 10.000 € je Konvoi. Betriebskosten fallen bei der elektronischen Deichsel nicht an.

Weiterhin gibt der erwähnte Hersteller an, dass nach ca. vier Jahren Entwicklungszeit ein System entwickelt werden könnte, dass auch im öffentlichen Verkehrsraum mit hoher Sicherheit betrieben werden könnte. Allerdings wird dieses Entwicklungsziel derzeit nicht mit Nachdruck verfolgt, da die rechtlichen Hürden zur Anwendung eines solchen Systems viel zu groß sind. Zum einen ist bereits der geringe Abstand der Fahrzeuge nach der Straßenverkehrsordnung unzulässig. Vor allem aber widerspricht Fahren ohne Fahrer derzeit den



Bild 39: Steuerung von Lkw über elektronische Deichsel [GÖTTING KG 2010]

Regelungen des Wiener Verkehrsabkommens (s. Kapitel 5.4.5). Es wurden zwar für verschiedene Versuchszwecke bereits Einzelgenehmigungen zum Fahren mit elektronischer Deichsel auf öffentlichen Flächen erteilt, aber in Herstellerkreisen rechnet man nicht mit einer zeitnahen Änderung der rechtlichen Bedingungen.

Das Projekt SARTRE (Safe Road Trains for the Environment), das von der Europäischen Kommission im Rahmen des siebten Rahmenprogramms gefördert wird, beschäftigt sich ebenfalls mit der Nutzung der elektronischen Deichsel im Individualverkehr. Das Konzept sieht vor, dass auf Autobahnen zahlreiche Fahrzeuge virtuell verbunden in langen Konvois mit reduzierten definierten Abständen unterwegs sind. Durch die breit angelegte Nutzung ließe sich der Verkehrsfluss erheblich verbessern, wodurch eine Reduktion von CO₂-Emissionen und Benzinverbrauch möglich sind. Außerdem kann die Verkehrssicherheit gesteigert und die Fahrer können entlastet werden. Die einzelnen Pkw hängen mit Hilfe der elektronischen Deichsel mehrfach aneinander und bilden einen Konvoi. Als führende Fahrzeuge sind Lkw mit professionellen Fahrern gedacht (s. Bild 40). Ein Fahrzeug kann sich durch Aktivieren der Technik dem Konvoi anschließen, wenn es sich diesem nähert. Genauso kann ein Fahrzeug, welches die Autobahn verlassen will, aus dem Konvoi ausfädeln und dann fahrergesteuert weiterfahren.

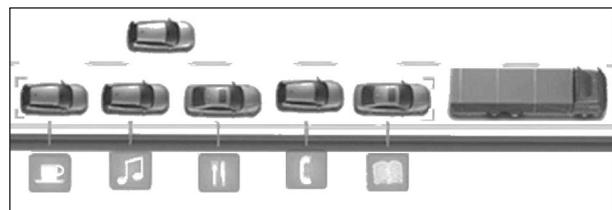


Bild 40: Fahrerkonvoi im Projekt SARTRE [SARTRE Consortium 2011]



Bild 41: Demonstration der Ergebnisse des Projekts SARTRE [BRADLEY 2011]

Im Januar 2011 wurden sehr interessante Ergebnisse veröffentlicht. In Göteborg, Schweden, hatte man eine erste Demonstration des Systems unter realen Bedingungen außerhalb der Simulation gezeigt. An der Testfahrt waren ein Lkw als führendes Fahrzeug und ein nachfolgender Pkw beteiligt (s. Bild 41). Die Ergebnisse der Testfahrt waren positiv, der Pkw folgte dem Lkw in flüssiger Fahrweise. Mit dieser Testfahrt erreichte das Projekt einen bedeutenden Meilenstein, sodass das System in ein paar Jahren in Produktion gehen könnte [BRADLEY 2011].

Forschung: stauvermeidendes Fahrassistenzsystem „Baustellenlotse“

Durch das stauvermeidende Fahrassistenzsystem „Baustellenlotse“ (s. Bild 42) soll die Effektivität des Verkehrs an Baustellen verbessert werden, indem bestimmte Kapazitätslücken in der Längsdynamik situationsangepasst aufgefüllt werden. In diesem System sind für die Steuerung des Fahrverhaltens Informationen über die vorhandene Infrastruktur und über die dynamische Verkehrslage nötig. Dafür zeichnen die mit dem System ausgestatteten Fahrzeuge Floating-Car-Daten auf, dies sind u. a. Geschwindigkeiten und Abstände zu den vorausfahrenden Fahrzeugen, welche über ACC (vgl. adaptive Geschwindigkeitsregelung) gemessen werden. Die einzelnen Messgrößen werden mit Hilfe eines GPS-Empfängers geo-referenziert erhoben und im Fahrzeug abgespeichert. An der Ein- und Ausfahrt einer Baustelle sind Baken, so genannte RSU (Road Side Units) für die Dauer der Baustelle aufzubauen. Diese mobilen Kommunikationseinheiten

übergeben und übernehmen Daten von und an die Fahrzeuge. Beim Verlassen einer Baustelle übergibt ein Fahrzeug die Aufzeichnung über den Fahrverlauf vor und innerhalb der Baustelle an die Ablauf-RSU, also die am Ende der Baustelle. Diese Daten werden analysiert und mit allgemeinen Daten aus der Verkehrsmanagementzentrale aufbereitet. Die sich ergebenden Informationen werden über die Zulauf-RSU an Fahrzeuge, welche in den Baustellenbereich einfahren, weitergegeben. Auf diese Informationen reagiert schließlich das bereits erwähnte ACC-System und greift in das Fahrverhalten des Pkw ein. Wie erwähnt, muss im Fahrzeug neben dem ACC-Sensor auch ein GPS-Empfänger vorhanden sein. Die Datenübertragung an die RSU erfolgt über ein WLAN-Gerät.

Obwohl sich das Gesamtkonzept relativ kurz beschreiben lässt, sind im Detail viele Schritte und Komponenten zur richtigen Funktionsfähigkeit nötig. Wie erwähnt, müssen Informationen über die gegenwärtige Verkehrsinfrastruktur vorhanden sein, um zu wissen, wie die Fahrzeuge gesteuert werden sollen. Da es sich um eine temporäre Verkehrsführung in der Baustelle handelt, kann die Streckengeometrie nicht aus kartierten Bestandsdaten entnommen werden. Deshalb wird sie aus den Aufzeichnungen der Ortskoordinaten der Fahrzeuge ermittelt. Dies geschieht durch eine Hüllkurve, welche um die einzelnen Positionspunkte der Fahrzeuge gebildet wird. Auch die Anzahl der Fahrspuren lässt sich über Auswertungen der Ortskoordinaten der Fahrenden ermitteln. Die Daten werden umso genauer, je mehr Fahrzeuge mit der Technik ausgerüstet sind und den relevanten Abschnitt befahren.

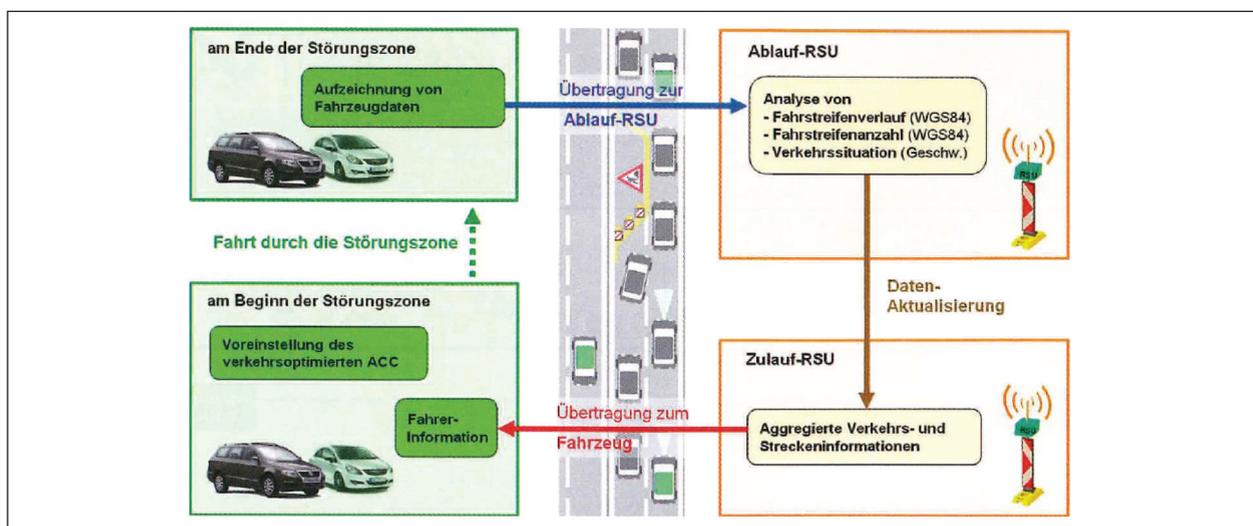


Bild 42: Informationsfluss beim „Baustellenlotsen“ [KRANKE et al. 2010]

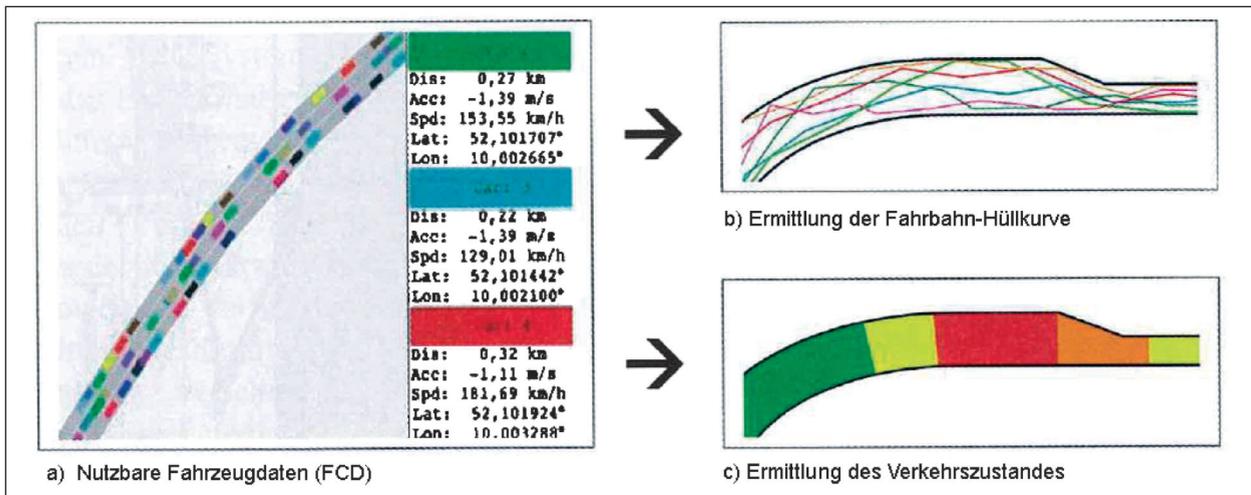


Bild 43: Ermittlung des Fahrbahnverlaufs und Verkehrsflusses im System „Baustellenlotse“ [KRANKE et al. 2010]

Als zweite Eingangskomponente muss die Verkehrslage ermittelt werden. Aus der Geschwindigkeit der Fahrzeuge und deren Abstandsmessungen über die ACC-Sensoren wird der Verkehrsfluss vor und in dem Baustellenabschnitt berechnet.

Die berechneten Daten über Infrastruktur und Verkehrslage werden mit Daten aus externen Quellen kombiniert. Der Fahrer erhält zweierlei Service durch die vom RSU an ihn übermittelten Daten. Zum einen bekommt er im Bedienfeld seiner Steuereinheit im Pkw die Verkehrsführung, welche ihn erwartet, bereits im Vorfeld der Baustelle angezeigt und eine je nach Situation angepasste Reisezeitberechnung übertragen. Wichtiger ist aber die Hauptkomponente, das ACC, welches basierend auf verschiedenen Rechenmodellen, die Fahrweise aller angeschlossenen Fahrzeuge so steuert, dass die Leistungsfähigkeit des Streckenabschnittes insgesamt verbessert werden kann.

Abschließend ist zu sagen, dass man auf Basis von Tests und Simulationen davon ausgeht, auch bei einem Ausstattungsgrad von nur 10 % der Fahrzeuge bereits einen stauermindernden Effekt erlangen zu können. Es wird davon ausgegangen, dass die gesamten Stauzeiten proportional zur Zunahme des Ausstattungsgrades abnehmen [KRANKE et al. 2010].

Testphase: Fahrassistenzsystem für den Stadtverkehr: „TRAVOLUTION“

Travolution ist ein Pilotprojekt in Ingolstadt, welches die Verbesserung des innerstädtischen Verkehrs zum Ziel hat. Gegenwärtig sind 25 Lichtsignalanlagen (LSA) der Stadt mit einem WLAN-Sen-

der ausgestattet. Damit übertragen sie die verbleibende Dauer der aktuellen Phase an die annähernden Fahrzeuge. Die 15 ausgerüsteten Testfahrzeuge sind ebenfalls mit WLAN ausgestattet. Im Fahrzeug wird zum einen angezeigt, wie lange eine Ampelphase noch dauert, und es wird die optimale Geschwindigkeit angegeben, mit der man die Grünphase noch erreicht. Bereits dadurch lässt sich der Verkehrsfluss besser gestalten. Mit dem zusätzlichen ACC-System (vgl. adaptive Geschwindigkeitsregelung) lässt sich eine weitere Verbesserung erreichen. Ist das so genannte „smartACC“ aktiviert, wählt das Fahrzeug automatisch die optimale Geschwindigkeit, um mit einer „grünen Welle“ durch die Stadt zu kommen. Dazu werden neben den Daten der LSA auch Informationen über die aktuelle Verkehrslage in den Pkw übertragen. Diese Meldungen kommen vom städtischen Verkehrsrechner und werden über UMTS übertragen. Insgesamt kann das System nicht generell Staus an LSA verhindern, wenn die Verkehrsmenge an sich zu hoch ist. Der vorhandene Raum wird jedoch bedarfsgerecht verteilt und der flüssigere Verkehr schont Umwelt und die Fahrer. Laut Angaben des Automobilherstellers, der den Pilotversuch in Ingolstadt durchführt, sind auch alle anderen Pkw-Hersteller mit ihrer Technik so weit, dass sie jederzeit ein System dieser Art anbieten können. Aktuell scheitert die Umsetzung an den Baulastträgern, welche die Infrastrukturkomponenten zur Verfügung stellen müssen. Das „Smart ACC“-System wird laut Hersteller als Sonderausstattung in Neuwagen verfügbar sein, sobald einige Städte die entsprechende Infrastruktur einrichten [FETH 2010].

5.4.4 Autonomes Fahren

Autonomes Fahren kann auch als weitreichendes Fahrassistenzsystem gesehen werden, zielt jedoch insgesamt darauf ab, den Fahrer von seinen aktiven Aufgaben zum Steuern des Fahrzeuges generell zu entbinden, statt ihn hierbei lediglich zu unterstützen oder bei nur bestimmten Situationen die Fahrzeugsteuerung zu übernehmen.

DARPA Challenges

Ein wichtiger Initiator der Forschungen zum autonomen Fahren ist die Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA). Diese Forschungsbehörde des US-Verteidigungsministeriums veranstaltete bereits mehrere Wettbewerbe zum autonomen Fahren, um die Entwicklungen autonomer militärischer Landfahrzeuge voranzutreiben. Bei den Wettbewerben werden hohe Preisgelder zwischen 2 Mio. und 50.000 US-Dollar für die Plätze eins bis drei vergeben [DARPA 2011c]. Die publizierten Fortschritte zwischen den einzelnen Wettbewerben verdeutlichen die rasanten Entwicklungen im Bereich des autonomen Fahrens.

2004 wurde die erste so genannte Grand Challenge veranstaltet. Ziel war es, in einem zuvor unbekanntem Gelände einen vorgegebenen Weg GPS-gestützt zurückzulegen und statischen Hindernissen auszuweichen. Der 150 Meilen lange Parcours befand sich im Gelände der Mojave-Wüste. Keiner der 15 Finalisten, die sich qualifiziert hatten, schaffte den Parcours und auch das erfolgreichste Fahrzeug legte nur wenige Meilen zurück. Im Folgejahr 2005 hatten sich ebenfalls sehr viele Teams für den Wettbewerb angemeldet. Fünf Fahrzeugen gelang es, die dem Vorjahr ähnliche Strecke zu meistern, vier davon schafften es innerhalb der vorgegebenen Zeit von 10 Stunden. Das Gewinnerfahrzeug Stanley aus dem Stanford Racing Team (USA) benötigte etwas unter sieben Stunden [DARPA 2011a, DARPA 2011b, BERGER/RUMPE 2008].

2007 veranstaltete die DARPA einen modifizierten Wettbewerb namens Urban Challenge. Der Wettbewerb fand in einem leer stehenden Kasernengelände in Kalifornien statt und bot damit im Vergleich zu den Grand Challenges neue Herausforderungen und einen wesentlich höheren Schwierigkeitsgrad. In dem bebauten Gebiet galt es, verschiedenen Hindernissen auszuweichen und Abbiegemanöver durchzuführen. Mehrere autonome Fahrzeuge befanden sich zeitgleich mit bemannten Fahrzeugen

im Parcours und mussten die gültigen Vorfahrtsregeln kennen und die Interpretation von Verkehrssituationen beherrschen. Die Bewerberzahl zu den Vorentscheidungen den Urban Challenge lag bei 89 Teams, für das Finale in dem 60 Meilen langen Parcours hatten sich elf Teams qualifiziert, darunter auch zwei deutsche Teams: Team AnnieWay bestehend aus Universität Karlsruhe (TH), Forschungszentrum Karlsruhe, TU München und UniBw München, und Team CarOLO von der TU Braunschweig. Die Fahrzeuge mussten den Parcours in möglichst kurzer Zeit durchfahren und dabei möglichst wenige Abzüge wegen Regelverstößen erhalten. Insgesamt sechs Teams durchfuhren erfolgreich den kompletten Parcours. Den ersten Platz erreichte das Tartan Racing (Pittsburgh, USA). Platz zwei ging an das Stanford Racing Team (Stanford, USA), welches die Grand Challenge 2005 für sich entschieden hatte. Die beiden deutschen Teams konnten aufgrund von Zwischenfällen den Parcours nicht komplett durchfahren. Das Team der Universität Braunschweig belegte aber mit dem Fahrzeug Caroline als bestes nicht-amerikanisches Team den siebten Platz [DARPA 2011c, BERGER/RUMPE 2008].

Nach der Urban Challenge 2007 veranstaltete die DARPA keine weiteren Wettbewerbe des autonomen Fahrens. Das Ziel, den Nachweis zu erbringen, dass autonome Landfahrzeuge grundsätzlich



Bild 44: Fahrzeuge im Parcours der Urban Challenge [DARPA 2011c]

möglich sind, gilt im Zusammenhang mit einer geplanten militärischen Nutzung als erreicht. Dennoch sind die Erfolge der Wettbewerbe unter Vorbehalt zu bewerten. BERGER/RUMPE [2008] weist darauf hin, dass nur eine geringe Anzahl der Teilnehmer wirklich beständig sicher gefahren ist und die Wettbewerbe unter günstigen und vereinfachten Bedingungen stattgefunden haben. Es waren beispielsweise keine Fußgänger auf dem Wettbewerbsgelände und alle Wettbewerbe haben bei gutem Wetter stattgefunden.

Autonome „Google“-Fahrzeuge

Gegenwärtig arbeitet auch der Internetdienstleister Google an der Entwicklung und Erprobung autonomer Fahrzeuge. Dies geschieht in Zusammenarbeit mit dem Leiter des Entwicklungsteams von Fahrzeug Stanley, welches die Grand Challenge 2005 gewann und auch in der Urban Challenge 2007 sehr erfolgreich war. Die Testfahrzeuge nutzen derzeit Videokameras, Radarsensoren und einen Laserentfernungsmesser für die Umfelderkennung und verwenden außerdem Daten aus Google Street View zur Orientierung.

Die sieben Testfahrzeuge von Google haben bereits 140.000 Meilen quer durch Kalifornien zurück gelegt, wovon 1.000 Meilen völlig ohne menschliche Unterstützung gemeistert wurden. Es werden bereits seit einem Jahr Testfahrten autonomer Fahrzeuge in San Francisco und Los Angeles durchgeführt. Ein menschlicher Fahrer befindet sich dabei immer im Fahrzeug, um in einer Not-situation eingreifen zu können. Bis jetzt sind keine Probleme durch die Testfahrten aufgetreten. Beim einzigen Unfall im Zusammenhang mit den Fahrzeugen ist ein reguläres Fahrzeug auf ein an einer Ampel wartendes Google-Fahrzeug aufgefahren.

Google entwickelt die Fahrzeuge, um damit einen ganz anderen Gebrauch von Autos hervorzuheben. Die Nutzung autonomer Fahrzeuge soll laut den Google-Entwicklern zu CO₂-Einsparungen und zur Reduktion der Unfallzahlen sowie einer höheren Belastbarkeit des vorhandenen Verkehrsnetzes durch einen optimierten Verkehrsfluss führen. Die Betreuer dieser Forschung rechnen bei optimistischen Schätzungen mit einem weiteren Entwicklungsbedarf von ca. acht Jahren bis zum zulassungsfähigen Fahrzeug in den USA [REUTERS 2011].

Stadtpilot der Universität Braunschweig

Aufbauend auf den Erfolgen des Teams CarOLO in der Urban Challenge entwickelt das Institut für Regelungstechnik der Technischen Universität Braunschweig in dem Forschungsprojekt „Stadtpilot“ das autonome Fahren für den Stadtverkehr weiter. Ziel des derzeitigen Projekts ist die völlig autonome Umfahrung des Braunschweiger Stadtrings im regulären Verkehr. Dabei muss das Fahrzeug zahlreiche Spurwechsel- und Abbiegevorgänge auf vielfach mehrstreifigen und teilweise baulich getrennten Fahrbahnen mit hohen Verkehrsmengen meistern. Außerdem muss das Fahrzeug zu Beginn der Route am Seitenstreifen ausparken und bei der selbstständigen Rückkehr einen Parkplatz finden und einparken. Im Rahmen des Projekts werden als Weiterentwicklung zum Fahrzeug Caroline die beiden Fahrzeuge Leonie und Henry entwickelt [MAURER 2010].

Die Routenplanung führt das Fahrzeug mit Hilfe von DGPS und hinterlegtem Kartenmaterial über die vorgesehene Strecke. Dabei werden Korrekturdaten verwendet, die eine Positionsbestimmung mit einer Genauigkeit von 10 cm ermöglichen. Um ausreichend genaue Karten zu bekommen, wurde das Kartenmaterial der Stadt Braunschweig speziell erweitert. Es wäre auch möglich gewesen, geeignetes Kartenmaterial mit Hilfe von Lernfahrten zu erstellen. Insgesamt spielen GPS und Kartenmaterial im autonomen Fahren eine geringere Rolle als die Systeme zur unmittelbaren Orientierung. Diese erfolgt über Kameras, Laser- und Radarsensoren, die rund um das Fahrzeug angebracht sind und mit unterschiedlichen Reichweiten und Öffnungswinkeln die Umgebung abtasten. So wird die exakte Fahrspur durch das Erkennen verschiedener Features, wie beispielsweise Markierung, ermittelt. Aus diesem Grund kann beispielsweise Schmutz auf der Fahrbahn Probleme darstellen. Des Weiteren erfassen die Sensoren statische und dynamische Hindernisse, dabei wird gegebenenfalls deren Bewegungsgeschwindigkeit abgeschätzt. Durch die unmittelbare Orientierung über Sensoren bleibt das Fahrzeug auch bei einer kurzfristigen Unterbrechung der GPS-Verbindung sicher im Verkehrsfluss. Bild 45 zeigt schematisch, wie autonome Fahrzeuge die Umwelt erfassen.

Bei der Umfelderkennung sind weniger einzelne Sensoren für einzelne Aufgaben zuständig, vielmehr arbeiten die verschiedenen Techniken zusammen, da jede Sensorart eigene Stärken und

Schwächen aufweist. In einer Sensordatenfusion werden die jeweiligen Messdaten gemeinsam verwendet. Zur Erkennung der Ampelphasen ist eine C2X-Kommunikation des Stadtpiloten mit den Lichtsignalanlagen des Braunschweiger Stadtrings geplant. Damit wäre es auch möglich, die Schaltzeiten der LSA und die Fahrweise des autonomen Fahrzeugs aufeinander abzustimmen.

Insgesamt werden für die Fahrzeugregelung, d. h. die einzelnen Entscheidungen, die das Fahrzeug während der Fahrt zu fällen hat, jeweils drei Stufen durchlaufen (s. Bild 46). Schritt 1 stellt den Prozess des Routings dar, welcher bereits vor Fahrtbeginn durchgeführt wird. Danach erfolgt fortwährend die unmittelbare Orientierung über erwähnte Sensoren. In Schritt drei wird aus der erfassten Situation das

geeignete Fahrverhalten abgeleitet, dabei werden hinterlegte Regeln wie Verkehrsregeln oder bestimmte Verhaltensmuster einbezogen [BENZ-JAESCHKE 2011].

Im Oktober 2010 wurde der erste Meilenstein des Projekts absolviert, indem das Fahrzeug Leonie ein Teilstück des Stadtrings erfolgreich autonom zurückgelegt hat (s. Bild 47). Für diese Testfahrt hatte man eine Ausnahmegenehmigung des Landes Niedersachsen erhalten. Während der Fahrt war stets ein Fahrer anwesend, um bei Bedarf eingreifen zu können. Außerdem ist zum gegenwärtigen Stand der Entwicklung noch eine Person erforderlich, um die Ampelphase manuell einzugeben, da diese noch nicht vom Fahrzeug erkannt wird. Darüber hinaus kann es zum gegenwärtigen Stand der Entwicklung noch verschiedene Probleme besonders mit unerwarteten Ereignissen geben. Schlechte

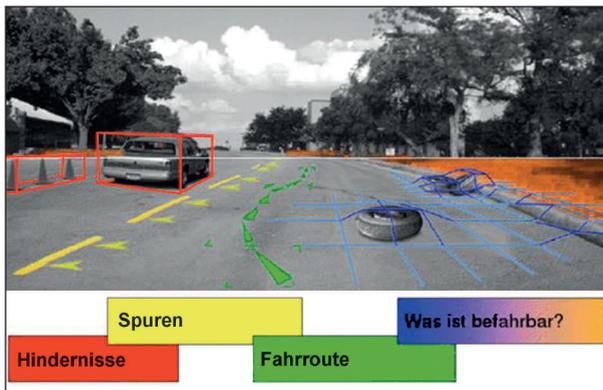


Bild 45: Umfeldwahrnehmung des autonomen Fahrzeugs Caroline [RUMPE 2010]



Bild 47: Fahrzeug des Projekts Stadtpilot bei der autonomen Teilbefahrung des Braunschweiger Stadtrings [KLASS/IHLENFELD 2010]

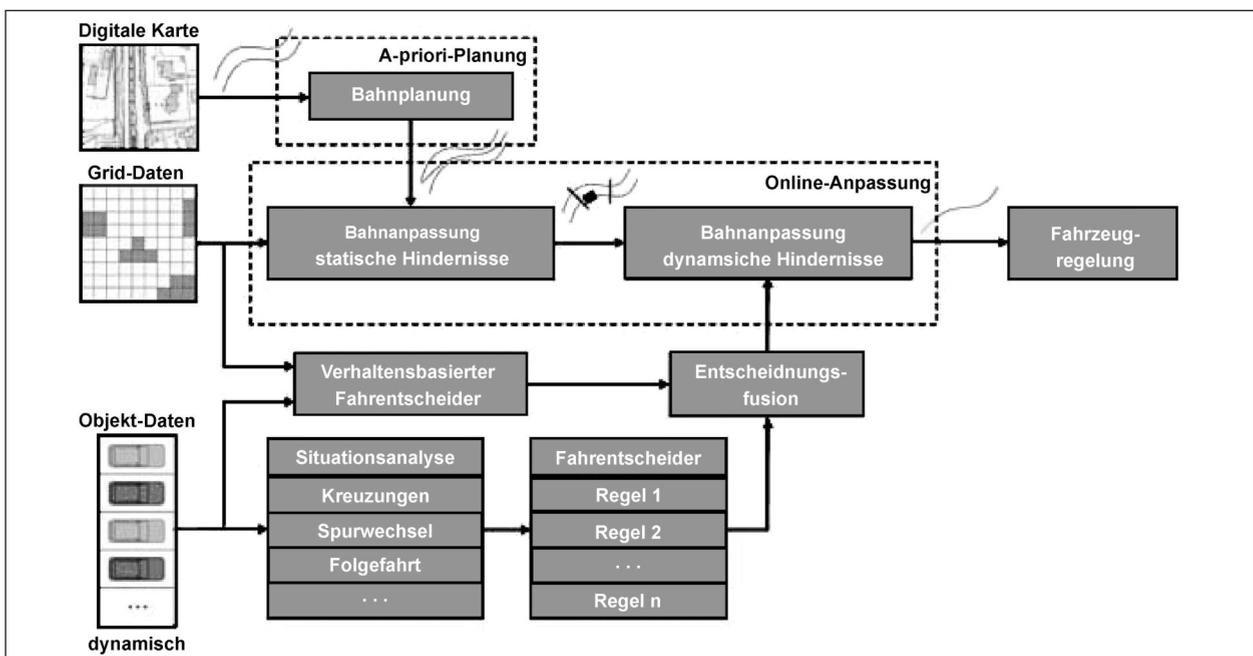


Bild 46: Fahrzeugregelung in drei Stufen im autonomen Fahrzeug Leonie [BENZ-JAESCHKE 2011]

Wetterverhältnisse kann das Fahrzeug zwar theoretisch meistern, beispielsweise werden die Sensoren bei Schneefall ähnlich beeinflusst wie die menschliche Wahrnehmung. Aus Gründen der Sicherheit werden jedoch gegenwärtig bei dieser Witterung keine Testfahrten durchgeführt.

Ein Ziel der Forschung zu autonomen Fahrzeugen wird durch die Entwickler darin gesehen, die technischen Komponenten des autonomen Fahrens in Fahrassistenzsystemen einzusetzen. Außerdem erwartet man, dass das autonome Fahren bei niedriger Geschwindigkeit zur Stauregulierung zukünftig eingesetzt werden kann. Inwieweit es eine allgemeine Nutzung im alltäglichen Verkehr geben wird, ist stark von der gesellschaftlichen Entwicklung abhängig.

5.4.5 Realisierungsbestrebungen und rechtliche Hürden

Fahrassistenzsysteme und Telematiksysteme sind verschiedenen rechtlichen Einschränkungen unterworfen. Diese sind unterschiedlich begründet und von der konkreten Art des Systems abhängig; eine eindeutige juristische Bewertung der vielfältigen technischen Systeme ist daher nicht möglich. Inwieweit eine Realisierung bestimmter Systeme aus rechtlichen Erwägungen heraus zukünftig behindert wird, ist daher derzeit noch schwierig einzuschätzen. Rechtliche Einschränkungen ergeben sich u. a. aus folgenden Gründen:

- Haftungsrechtliche Bestimmungen

Bei der Betrachtung ist die klare Unterscheidung zwischen Telematiksystemen und Fahrassistenzsystemen von Bedeutung. Telematiksysteme sind solche, die Daten von außerhalb in das Fahrzeug bringen oder diese aus dem Fahrzeug liefern. Fahrassistenzsysteme wiederum wirken auf das Fahrzeug in bestimmter Weise ein. Geschieht dies autonom, handelt es sich um ein reines Fahrassistenzsystem. Sollte die Einwirkung durch von außen gelieferte Daten erzeugt werden, handelt es sich um ein kombiniertes System. Wichtig ist die Unterscheidung aus haftungsrechtlicher Sicht. Wie sich eine Haftung im Schadenfall aufgrund einer Fehlfunktion in einem System dieser Art darstellt, ist unklar [ALBRECHT 2005].

- Wiener Verkehrsabkommen

Die Wiener Konvention über den Straßenverkehr von 1968 verpflichtet die Bundesrepublik

Deutschland, die nationalen Bestimmungen auf die dort festgelegten Regelungen abzustimmen. Darin ist sinngemäß geregelt, dass jedes Fahrzeug einen Fahrer haben muss, welcher stets in der Lage ist, dies zu beherrschen [ALBRECHT 2005].

- Datenschutzrechtliche Bestimmungen

Bei der Übertragung von Daten privater Pkw an eine jeweilige Infrastruktur und an zentrale Stellen kann die besondere Schutzwürdigkeit personenbezogener Daten in Deutschland eine Hürde darstellen [KUPFER 2010].

Die Gesamteinschätzung zur zunehmenden Realisierbarkeit verschiedener Fahrassistenzsysteme und Telematiksysteme ist jedoch ermutigend. Die EU ist positiv gegenüber so genannten „intelligenten Verkehrssystemen“ eingestellt und will einen Rahmen für Informations- und Kommunikationstechniken vorgeben, welche Verkehrsabläufe optimieren [KUPFER 2010].

Im Rahmen des deutsch-französischen Kooperationsprojektes LEGAS (Legal Issues of Future Intervening Advanced Driver Assistance Systems (ADAS) and Partial Automation of the Primary Driving Task) werden von der BAST im Moment die rechtliche Grenzen von Fahrassistenzsystemen in Deutschland analysiert. Das Projekt hat aber nicht nur zum Ziel, die Grenzen aufzuzeigen, sondern die Hürden zu überwinden, um technisch ausgereifte und funktionstüchtige Systeme auf den Weg bringen zu können.

5.5 Straßenzustandserkennung über Sensoren in Reifen und Fahrzeug

Ziel des Forschungsprojektes „Apollo“ (Teil des fünften Rahmenprogramms „Information Society Technologies“ – IST – der europäischen Kommission) war die Entwicklung eines Prototyps des „intelligenten Reifens“. Als Ergebnis des Projekts wurden im Reifen angebrachte Sensoren entwickelt, mit denen sich die dort wirkenden Kräfte messen lassen.

Das Nachfolgeprojekt „Friction“ beschäftigte sich damit, konkrete Aussagen über den Fahrbahnzustand in Form einer Griffigkeitsbewertung treffen zu können. Grundlage waren sowohl die in Apollo entwickelte Sensorentechnik in den Reifen als auch weitere Sensoren im und am Pkw. Über

Fahrzeugsensoren werden beispielsweise Einzelradgeschwindigkeiten, Beschleunigung und Lenkinformationen aufgenommen. Darüber hinaus werden durch spezielle, am Fahrzeug angebrachte Sensoren, wie beispielsweise Video, Laser und Radar, Daten über den Fahrbahnzustand erfasst. In diesem Projekt wurden keine neuen Sensoren entwickelt, sondern es wurden die Algorithmen entwickelt, um Messungen vorhandener Systeme in ihrer Kombination entsprechend interpretieren zu können. Zentrales Konzept von Friction ist es, dem Fahrer dynamisch Empfehlungen zur Fahrgeschwindigkeit in Abhängigkeit der Fahrbahnbeschaffenheit zu geben. Hierbei spielen folgende drei Kenngrößen eine bedeutende Rolle [Friction Consortium 2009]:

- **Verwendete Griffigkeit**

Höhe der Griffigkeit, die im aktuellen Fahrmanöver besteht, d. h. verwendet wird. Diese wird mit Hilfe der Messwerte vorgenannter Sensoren ermittelt.

- **(Maximal) mögliche Griffigkeit**

Dies ist die maximale Griffigkeit, welche zwischen Reifen und Fahrbahn zur Verfügung steht. Sie ist abhängig von Reifen und Fahrbahn. Der Wert wird nicht direkt gemessen, sondern aus anderen Messparametern abgeleitet.

- **(Zusätzlich) verfügbare Griffigkeit**

Differenz der beiden vorgenannten Werte. Dies ist zugleich der Wert, der dem Fahrer vermittelt, ob sein Fahrverhalten angepasst werden muss.

Bild 48 zeigt, wie eine entsprechende Fahreranzeige über die Griffigkeitsverhältnisse aussehen könnte. VAA et al. [2010] beschäftigen sich mit der Erarbeitung von Berechnungsformeln, welche die zulässige Fahrgeschwindigkeit in Abhängigkeit der aktuellen Quer- und Längsreibungsverhältnisse sowie der Geometrie der Trasse stellen. In Versuchen, bei denen die Griffigkeitsverhältnisse über entsprechende Sensoren erfasst wurden, ergaben sich Geschwindigkeiten unterhalb der aufgrund der Beschilderung zulässigen Werte. Somit könnte man durchaus einen Sicherheitsgewinn für den Fahrer erwarten. Statt der alleinigen Fahreranzeige könnte der Wert unmittelbar in ein Fahrassistenzsystem einfließen. Dieses kann damit nicht erst im Falle eines beginnenden Rutschens des

Fahrzeuges, sondern bereits vor Überschreiten der maximal zur Verfügung stehenden Griffigkeit eingreifen, indem die Geschwindigkeit gedrosselt wird.

In dem Projekt Friction wurde des Weiteren angedacht, aus den Griffigkeitswerten Fahrbahnzustandsparameter wie „trocken“, „nass“ oder „schneebedeckt“ abzuleiten. Die gewonnenen Daten könnten über die bereits behandelten Techniken der Fahrzeug-Fahrzeug- oder der Fahrzeug-Infrastruktur-Kommunikation nicht nur dem unmittelbar messenden Pkw, sondern auch weiteren Straßenverkehrsteilnehmern zur Verfügung gestellt werden sowie in Straßenwetterinformationssysteme einfließen bzw. durch diese ergänzt werden.

Im Rahmen des Projekts wurden verschiedene Pkw als Prototypen mit den Sensoren ausgestattet und Testfahrten durchgeführt. Die Ergebnisse bei der Ermittlung des Fahrbahnzustandes waren durchaus positiv. Das Projekt ergab, dass die Griffigkeitswerte, die in den Pkw des Individualverkehrs ermittelt werden können, prinzipiell zur Er-

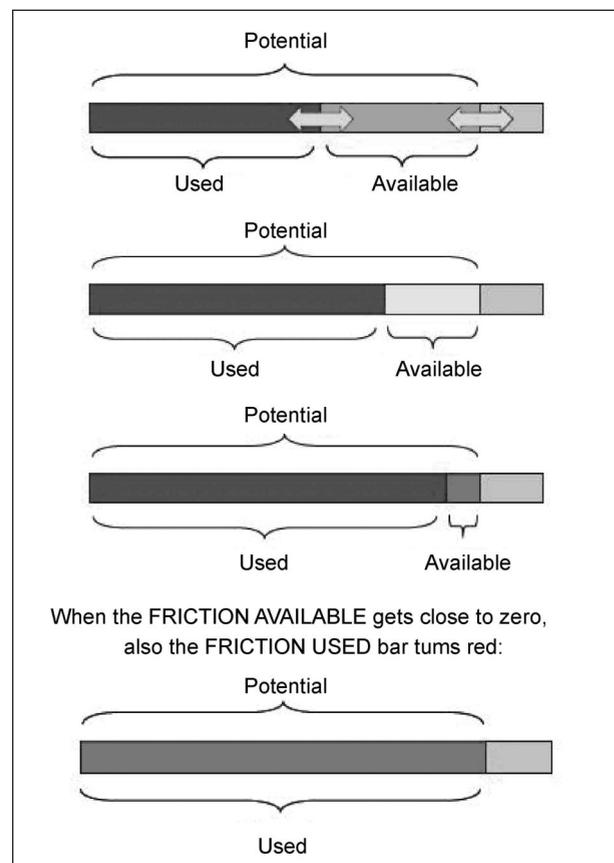


Bild 48: Mögliche Fahreranzeige der Griffigkeitsverhältnisse im Projekt Friction [FRICION Consortium 2009]

kennung des Fahrbahnzustands herangezogen werden können [IST 2009]. Die Entwicklung eines marktreifen Produktes war nicht Ziel des Projektes. Fahrassistenzsysteme mit Werten aus den Friction-Messungen zu versorgen, wird daher als sinnvoll erachtet. Gleichzeitig müssen aber auch andere Systeme außerhalb des Pkw einbezogen werden. Diese gilt es weiterzuentwickeln, um die verfügbare Genauigkeit zu verbessern [Friction Consortium 2009].

6 Analyse ausgewählter neuer und innovativer IuK-Technologien zur Nutzung für den Straßenbetriebsdienst

6.1 Technologien für die Sprach- und Datenkommunikation

6.1.1 Vergleich des Funktionsumfangs zur Verfügung stehender Technologien

In Tabelle 11 sind die Techniken Analogfunk, Digitalfunk und Mobilfunk gegenübergestellt. Die relevanten Aspekte zum bewertenden Vergleich der Techniken sind im Anschluss erläutert.

Der Leistungsumfang des Analogfunks ist der Vollständigkeit halber ebenfalls in der Tabelle dargestellt, da der Analogfunk gegenwärtig in nahezu allen Bundesländern zur Sprachkommunikation in der Einsatzkoordination verwendet wird (s. Kapitel 2.2.2). Diese Technik bietet die notwendigen Gesprächsfunktionen für die interne Kommunikation im Straßenbetriebsdienst, wobei durch den eingeschränkten Funktionsumfang verschiedene Einschränkungen in der netzinternen Kommunikation vorliegen, welche in Kapitel 2.1.1 dargestellt sind. Eine Kommunikation zu Externen sowie die zukünftig an Bedeutung gewinnende Möglichkeit der Datenübertragung sind im Analogfunk nicht gegeben. Des Weiteren stellt der Analogfunk eine auslaufende Technik dar, wodurch der Wechsel zu einer anderen Technik erforderlich ist.

Die vier in Kapitel 4.1 ausführlich beschriebenen Digitalfunktechniken sind zu zwei Gruppen zusammengefasst. TETRA und TETRAPOL sowie DMR und DPMR werden gemeinsam betrachtet, da sich diese in Bezug auf den Funktionsumfang jeweils nur wenig unterscheiden, jedoch zu der anderen Gruppe deutlichere Abweichungen aufweisen. Ver-

schiedene Begriffe zur Beschreibung der Technologien wurden bereits in Kapitel 4.1 erläutert.

Als weitere technische Option ist der Mobilfunk dargestellt, der im Straßenbetriebsdienst ebenfalls schon verbreitet angewendet wird (s. Kapitel 2.2.2).

Sprachübertragung

Im Vergleich zur analogen Technik bieten alle zur Verfügung stehenden Systeme eine verbesserte Sprachqualität aufgrund elektronischer Sprachfilter. TETRA/TETRAPOL und der Mobilfunk bieten darüber hinaus die Möglichkeit des Gegensprechens anstatt des unbequemen Wechselsprechens. Allerdings ist diese Funktion im Betriebsdienst aufgrund der Gesprächskultur nicht zwingend gefordert.

Bei der Betrachtung des Funktionsumfangs interner Gespräche, also zwischen Meistereimitarbeitern im Einsatz sowie der Zentrale, zeigt sich ein deutlicher Funktionsunterschied zwischen digitalen Funktechniken und Mobilfunk. Beide Techniken ermöglichen gezieltes Ansprechen einzelner Teilnehmer. Durch die Funktion des Gruppenrufs kann im Digitalfunk mit einem Ruf ein Gespräch mit mehreren Teilnehmern aufgebaut werden. In der Form des Broadcast kann beim Digitalfunk an mehrere Personen eine Meldung übertragen werden, ohne dass diese quittieren, also aktiv werden müssen (s. Kapitel 4.1.2). Diese Dienste sind im Mobilfunk nicht möglich. Ein Ruf muss stets angenommen werden, damit die jeweilige Meldung übertragen werden kann. Im Mobilfunk ermöglicht die so genannte Konferenzschaltung die Kommunikation mit mehreren Teilnehmern. Der Gesprächsaufbau ist jedoch derzeit wesentlich umständlicher, da jeder Teilnehmer einzeln hinzugewählt werden muss. Insgesamt erfolgt der Rufaufbau in der Funktechnik schneller als eine Wahlverbindung in der Mobilfunktechnik.

Mit den digitalen Funkgeräten ist eine Direktkommunikation mit den in Reichweite befindlichen Anwendern ohne die Nutzung einer Infrastruktur möglich. Diese Funktion ist auch bei inaktiver Infrastruktur nutzbar. Die Notruffunktion des Digitalfunks ermöglicht es, einen gewünschten Empfänger oder eine Gruppe von Empfängern voreinzustellen, welche im Notfall per Knopfdruck über eine priorisierte Übertragung benachrichtigt werden. Mobilfunk bietet dies so nicht an. Allerdings werden Rufe zu den allgemeinen Notrufnummern priorisiert aufgebaut.

Neben der internen Kommunikation zur Einsatzorganisation sind in verschiedenen Fällen auch externe Stellen wie z. B. mitwirkende Fremdunternehmer anzusprechen. Die Kommunikation mit Stellen außerhalb des Betriebsdienstes ist im Digitalfunk über entsprechende Schnittstellen realisierbar, wobei in diesem Fall entsprechendes Entgelt anfallen kann. In der Mobilfunktechnik lassen sich wie bekannt Teilnehmer verschiedener Mobilfunknetze oder auch Festnetznummern im In- und Ausland direkt anwählen. Insgesamt spielt es im Mobilfunk kaum eine Rolle, ob eine verwaltungsinterne oder eine externe Stelle angesprochen wird. Dies ist auch für den meistereiübergreifenden Einsatz von Endgeräten von Vorteil. Digitalfunkgeräte können in benachbarten Netzen nur dann eingesetzt werden, sofern dort die gleiche digitale Technik implementiert ist.

Neben der Kommunikation im Fahrzeug ist diese auch für Mitarbeiter außerhalb des Fahrzeugs gewünscht (s. Kapitel 3.2). Beim Mobilfunk sind Endgeräte ohnehin nicht fahrzeuggebunden, weshalb beides über die gleichen Geräte realisierbar ist. In der Digitalfunktechnik ist zwischen Fahrzeuggeräten für den Festeinbau und mobilen Handfunkgeräten zu unterscheiden. Mobile Handfunkgeräte haben im Allgemeinen geringere Sendeleistungen als Fahrzeuggeräte.

Übertragungskapazität, Datenübertragung und Übertragungsraten

Die Kapazitäten der einzelnen Techniken, vor allem des Mobilfunks, zeigen deutliche Unterschiede. In der Funktechnik entscheidet die Zahl der Verkehrskanäle über die Anzahl an Übertragungen, welche zeitgleich in einer Funkzelle stattfinden können. Tabelle 11 zeigt die verfügbare Anzahl an Verkehrskanälen der digitalen Funkssysteme bei den systemüblichen Mindestbandbreiten. Zwar wird im Betriebsdienst insgesamt relativ wenig gesprochen, sodass für die Sprachkommunikation wenige Kanäle ausreichen, allerdings darf die Sprachkommunikation nicht von der Datenübertragung beeinträchtigt werden.

Wird die digitale Technik DPMR nur mit einem Funkkanal realisiert, ist nur eine Übertragung pro Zelle möglich, d. h., im Falle einer laufenden Datenübertragung kann kein Gespräch aufgebaut werden. Bei zwei Verkehrskanälen bei DPMR/DMR können Daten und Sprache parallel übertragen werden oder zwei Gespräche parallel

stattfinden. Im Falle von DMR allerdings sind die Kanäle starr zugewiesen. Wenn das System für Datenübertragung genutzt werden soll, ist ein fixer Datenkanal einzurichten, der nicht für die Sprachkommunikation zur Verfügung steht. TETRA und TETRAPOL bieten standardmäßig drei Verkehrskanäle und die Möglichkeit der dynamischen Zuordnung zu den Nutzern an, d. h., es können parallel drei Übertragungen erfolgen und die Kanäle können wechselnd je nach Situationsbedarf für Daten oder Sprache verwendet werden. Die verfügbaren Datenraten sind Tabelle 11 zu entnehmen. Zukünftig soll es durch Weiterentwicklungen besonders bei TETRA höhere Datenraten geben. Insgesamt ist zu betonen, dass wenige Praxiserfahrungen zur Datenübertragung im Digitalfunk vorliegen [KAITEC 2009].

Ein Mobilfunknetz ist ebenfalls zellulär aufgebaut. Allerdings ist die Zahl paralleler Übertragungen pro Zelle wesentlich größer. Es ist davon auszugehen, dass Sprach- und Datenübertragung für den Betriebsdienst im Normalbetrieb stets parallel möglich sind. Aufgrund der hohen kommerziellen Nutzerzahlen können Netzüberlastungen jedoch nicht gänzlich ausgeschlossen werden (s. Kapitel 6.1.2).

Gegenwärtig sind die Anforderungen an die Übertragung (zeitkritischer) Daten gering, allerdings ist ein Anstieg der Datenmengen und der Nutzung zeitkritischer Übertragungen durch die Implementierung verschiedener Systeme zu erwarten (s. Kapitel 3.3). Die Datenübertragungsraten der Funktechniken sind insgesamt gering. Bei DMR/DPMR ist ein maximaler Wert von 9,8 bzw. 9,6 kbit/s möglich. TETRA erreicht eine maximale Datenrate von 28,8 kbit/s. Hierzu werden die zur Verfügung stehenden Kanäle gebündelt, d. h., während der Übertragung ist in dieser Zelle keine Sprachkommunikation über die Infrastruktur möglich. Mobilfunk bietet im GSM-Netz mit Hilfe der Übertragungsverfahren GPRS oder EDGE eine Geschwindigkeit von 115 kbit/s bzw. 260/220 kbit/s (uplink/downlink). Bei anderen Netzstandards sind bis zu 300 Mbit/s möglich. Diese sind zwar noch nicht flächendeckend verfügbar, aufgrund der hohen kommerziellen Nutzungspotenziale ist aber mit einem raschen Ausbau zu rechnen. Die weiteren Datenraten im Mobilfunk sind Tabelle 11 zu entnehmen. Einzelheiten zu den verschiedenen Netzen, Übertragungsarten und Verfügbarkeiten des Mobilfunks sind in Kapitel 2.1.1 beschrieben.

	Analogfunk	DMR/DPMR	TETRA/TETRAPOL	Mobilfunk
Sprachübertragung				
Sprachqualität	Rauschsperrung an den Zellenrändern	elektronischer Sprachfilter	elektronischer Sprachfilter	elektronischer Sprachfilter
Sprachbetrieb	Wechselsprechen (außer Simplex-Betrieb)	Wechselsprechen	Wechsel- bzw. Gegensprechen	Gegensprechen
Gesprächsfunktionen intern	Einzelruf; „Gruppenruf“ (durch Ansprechen gesamter Funkzelle)	Einzelruf, Gruppenruf, Broadcast, Open Channel, Direktmodus	Einzelruf, Gruppenruf, Broadcast, Open Channel, Direktmodus, Late Entry	Einzelgespräch, Konferenzschaltung
Kommunikation der Endgeräte ohne Nutzung der Infrastruktur	Direktmodus	Direktmodus	Direktmodus	nicht verfügbar
Telekommunikation zu externen Stellen	nicht möglich	Schnittstelle realisierbar	Schnittstelle in der Regel implementiert	gegeben
Notruf	eingeschränkt möglich	priorisierter Ruf an voreingestellten Empfänger möglich	priorisierter Ruf an voreingestellten Empfänger möglich	priorisierter Ruf an allgemeine Notrufnummern
Handhabung Sprachkommunikation	sehr schneller Gesprächsaufbau	sehr schneller Gesprächsaufbau	sehr schneller Gesprächsaufbau	Verzögerung im Gesprächsaufbau gegenüber Betriebsfunk
Kapazität und Datenübertragung				
Kapazität	1 Verkehrskanal je Zelle	1 bzw. 2 Verkehrskanäle je Zelle	3 Verkehrskanäle je Zelle	sehr groß, gemeinsame Nutzung mit kommerziellen Nutzern
Datenübertragung	nicht möglich	möglich, bei 2 Verkehrskanälen parallel zur Sprache möglich, ggf. Kanäle starr zugeordnet	parallel zur Sprache möglich; dynamische Zuordnung u. ggf. Bündelung von Verkehrskanälen möglich	parallel zur Sprache möglich; Datenraten können bei sehr hoher Netzauslastung sinken
Datenübertragungsraten [BNA 2011]	-	DMR: 9,8 kbit/s bzw. 2,2 kbit/s (brutto bzw. effektiv) DPMR: 4,8 kbit/s bzw. 9,6 kbit/s (1 Kanal bzw. 2 Kanäle mit Bündelung)	TETRA: je Kanal: 4,8/7,2 kbit/s (geschützt/ungeschützt) max. 28,8 kbit/s (Kanalbündelung, ungeschützt) TETRAPOL: 4,8/7,2 kbit/s (geschützt/ungeschützt)	GSM: basic: 9,6 kbit/s GPRS: 115 kbit/s EDGE: 260/220 kbit/s (uplink/downlink) UMTS: basic 384 kbit/s HSDPA: 3,5/7,2 Mbit/s (uplink/downlink) LTE: 75 bis 300 Mbit/s advanced: bis 1 Gbit/s

Tab. 11: Vergleich Analogfunk, Mobilfunk und Digitalfunk

Verschiedene Anwendungen im Straßenbetriebsdienst, z. B. die AEDE oder die Übertragung von GMA-Daten, sehen eine Datenübertragung unmittelbar an externe Stellen vor. Dies ist im Digitalfunk nicht unmittelbar, sondern nur über eine entsprechende Schnittstelle möglich und dadurch wie im Mobilfunk entgeltspflichtig.

Weitere Aspekte

Für eine gesicherte Kommunikation und einen zuverlässigen Datenverkehr sind redundante Systeme sowie eine zentrale Überwachung von Auslastung und Störfällen im Netz sinnvoll. Bei DMR und DPMR sind diese nur sehr eingeschränkt vorhanden. TETRA und TETRAPOL hingegen können als redundante Systeme aufgebaut werden, welche

	Analogfunk	DMR/DPMR	TETRA/TETRAPOL	Mobilfunk
Weiteres				
Systemredundanz	nicht gegeben	schwer möglich	implementiert	implementiert
Auslastungs-/ Störmanagement	nicht gegeben	eingeschränkt durchführbar	implementiert	erfolgt durch Netzbetreiber
mögliche Netzgröße/Nutzerzahl	begrenzt	herstellerabhängig, ggf. be- grenzt	nahezu beliebig groß	keine eigenständiges Netz, Nutzerzahl nicht begrenzt
Zahl der Anbieter	auslaufende Technik	gering	gering	4 Netzanbieter, zahlrei- che Hersteller von End- geräten
Implementierung	-	eigenständiger Netzaufbau	eigenständiger Netzaufbau	keine eigenständiger Netzaufbau nötig
Migration (von Analogfunk ausgehend)	-	gegebenenfalls Parallelbe- trieb u. Weiterverwendung von Komponenten möglich	kein fließender Übergang möglich	kein fließender Übergang möglich

Tab. 11: Fortsetzung

eine kontinuierliche Überwachung des Netzes zu lassen. Im Mobilfunk erfolgt eine Überwachung von Auslastung und Störfällen durch den Netzbetreiber (s. Kapitel 6.1.2).

Die realisierbaren Netzgrößen der einzelnen Techniken unterscheiden sich signifikant. Allerdings ist ein gemeinsames Kommunikationsnetz für mehrere Meistereien nicht unbedingt erforderlich. Insofern spielt dieser Aspekt keine direkte Rolle. Auch mit den eingeschränkten Netzgrößen der DMR/DPMR-Technik lässt sich ein ganzer Meistereibezirk versorgen. Der meistereiübergreifende Einsatz von Fahrzeugen ist jedoch im Falle eines landesweiten Netztes einfacher zu realisieren. Möglich ist dieser aber auch, wenn sich betroffene Meistereien für die gleiche Funktechnik entscheiden.

Die Zahl an Systemanbietern ist in Bezug auf den Wettbewerb relevant. Die Anzahl der Anbieter für die Infrastruktur und auch die Endgeräte digitaler Funktechniken ist insgesamt eher gering, lediglich für die TETRA-Technik gibt es etwas mehr Anbieter. Für den Mobilfunk stehen vier Netzbetreiber zu Verfügung, wobei die Wahl des Betreibers teilweise standortgebunden durch die verfügbare Netzqualität, welche nicht bei allen Betreibern gleich ist, erfolgen sollte. Endgeräte für den Mobilfunk werden von einer großen Zahl an Herstellern angeboten.

Da in den meisten Meistereien gegenwärtig Analogfunk vorhanden ist, wird auch die Migration von Analog- zu Digital- oder Mobilfunk als interessanter Aspekt bei der Systemwahl betrachtet. Beim Umstieg auf die digitalen Techniken kann die Migration gegebenenfalls fließend erfolgen. Es werden End-

geräte angeboten, welche beide Techniken parallel verwenden können. Außerdem können Komponenten der Infrastruktur und Funkfrequenzen ggf. weiterverwendet werden (s. Kapitel 4.1.2). Bei TETRA und TETRAPOL muss ein Umstieg schlagartig erfolgen, da die Übertragungstechniken nicht zum Analogfunk kompatibel sind. Die Weiterverwendung vorhandener Technik ist stärker eingeschränkt. Beim Umstieg auf Mobilfunk ist kein zeitweiliger Parallelbetrieb möglich, jedoch ist der Systemwechsel einfacher, da keine eigene Infrastruktur aufgebaut werden muss.

Zusammenfassung

Abschließend werden folgende signifikante Unterschiede der Techniken identifiziert:

- Digitalfunk
 - Alle vier digitalen Funktechniken erfüllen ideal die Anforderungen zur Sprachkommunikation innerhalb des Meistereibezirks. Sie können die Kommunikation mit Externen nur entgeltpflichtig über entsprechende Schnittstellen ermöglichen.
 - Die Möglichkeiten der Datenübertragung im Digitalfunk sind für gegenwärtige Nutzungen i. d. R. ausreichend, jedoch in Hinblick auf zukünftige Entwicklungen begrenzt.
 - DMR und DPMR können aufgrund eines eingeschränkten Teilnehmer- und Störmanagements sowie geringer Systemredundanz

keine den TETRA- und TETRAPOL-Systemen vergleichbare Zuverlässigkeit geben.

- Bei TETRA und TETRAPOL ist der Systemumstieg ausgehend vom Analogfunk am aufwändigsten.
- Mobilfunk
 - Der Mobilfunk kann weitestgehend die Anforderungen an die interne und externe Sprachkommunikation erfüllen. Lediglich die Umsetzung des Gruppenrufs stellt sich problematisch dar.
 - In Bezug auf die Datenübertragung erfüllt der Mobilfunk auch die zukünftigen Anforderungen des Betriebsdienstes.
 - Die Zuverlässigkeit des Dienstes wird professionell durch Dritte überwacht (s. Kapitel 6.1.2), ist jedoch nicht vom Betriebsdienst beeinflussbar.

6.1.2 Gesonderte Bewertung weiterer Aspekte des Mobilfunks

Bei der Anwendung von Mobilfunk baut die Meisterei das Übertragungsnetz nicht eigenverantwortlich auf, betreut und unterhält es, wie dies im Betriebsfunk der Fall ist, sondern nutzt einen kommerziellen Dienst privater Betreiber. Somit kann durch die fehlende Netzhoheit die Sicherstellung der Netzverfügbarkeit nicht eigenverantwortlich überwacht werden, sondern wird in die Hände eines Dritten gegeben. Der Verband professioneller Mobilfunk warnt vor der Instabilität des GSM-Netzes [VPM 2011]. Es werden verschiedene Beispiele von Naturkatastrophen, großflächigen Stromausfällen u. a. genannt, durch die es in der Vergangenheit zu einem Ausfall der kommerziellen Funknetze kam. Durch die fehlende Möglichkeit zur Direktkommunikation sei bei Ausfall der Infrastruktur keinerlei Kommunikation möglich. Weiterer Kritikpunkt ist die Unsicherheit der vorhandenen Netzqualität im Versorgungsbereich der Meisterei, da diese darauf keinen Einfluss nehmen kann. Der Straßenbetriebsdienst begibt sich somit in gewisser Weise in eine Anbieterabhängigkeit.

Den Bedenken gegenüber Mobilfunk sind verschiedene Anmerkungen entgegenzustellen: Befragungen der Meistereien, die gegenwärtig bereits Mobilfunk nutzen, ergaben, dass diese mit der Qualität der Netzabdeckung weitestgehend zufrieden sind.

Die gefürchteten Netzausfälle treten nur äußerst selten auf (s. Kapitel 2.1.1). Auch ein eigenständiger Betrieb des Netzes kann nicht vor Systemausfällen schützen. Kommerzielle Anbieter halten verschiedene Absicherungen zum Schutz vor Netzausfällen und zur Sicherstellung der Kommunikation vor [JUNG 2009]:

- Absicherung gegen Stromausfall und Brand
 - Absicherung der Vermittlungsknoten gegen Stromausfall mit 4 h Batteriebackup und stationären Notstromaggregaten für 24 h Laufzeit für die gesamte Technik,
 - Absicherung der Vermittlungsknoten gegen Brand durch Löschanlagen und Brandmeldeanlagen mit Mehrfachabstützung.
- Redundanz

Es ist eine vollständige Redundanz der Vermittlungseinheiten sowie der Übertragungstechnik, d. h. der Anbindung der Vermittlungseinheiten, gegeben.

• Kategorie-1-Standorte

Die Kategorie-1-Standorte können im Falle großer Systemausfälle eine sehr hohe Flächenversorgung gewährleisten und sind gesondert abgesichert.

• Softwaretechnische Maßnahmen

- Entsprechende Softwareanpassungen ermöglichen eine temporäre Kapazitätserhöhung.
- Freischaltung von Bevorrechtigungen sichert die Kommunikation für gesonderte Nutzergruppen (s. nachfolgende Erklärung) im Falle von Netzüberlastungen.

Gemäß Kapitel 3.2 sollte eine Sprachübertragung bestenfalls auch bei besonderen Krisensituationen infolge Umwelt- und Naturkatastrophen, militärischen und terroristischen Angriffen, Seuchen etc. möglich sein. Hierfür besteht die Möglichkeit einer bevorrechtigten Nutzung des Mobilfunks, welche ausgewählten Nutzern zugänglich ist und im Falle von Netzüberlastungen aktiviert wird. Diese Möglichkeit bevorrechtigter Nutzung von Telekommunikationsdienstleistungen wird durch die Telekommunikations-Sicherstellungs-Verordnung (TKSiV) [BMJ 2006] geregelt, welche durch § 3 Abs. 1 bis 3 des Post- und Telekommunikationssicherstellungs-

gesetzes (PTSG) [BMJ 2009b] ihre Gültigkeit erlangt. Die Verordnung regelt gemäß § 1 eine Sicherstellung und bevorrechtigte Vergabe von Telekommunikationsdienstleistungen zur Aufrechterhaltung der Staats- und Regierungsgewalt, der Versorgung von Bevölkerung, Wirtschaft und Verwaltung sowie der Unterstützung der Streitkräfte unter anderem bei erheblichen Störungen der Versorgung mit Telekommunikationsdienstleistungen, insbesondere bei einer Naturkatastrophe oder bei einem besonders schweren Unglücksfall [BMJ 2006]. Jedes Unternehmen, welches Telekommunikationsdienstleistungen anbietet, ist verpflichtet, u. a. folgenden Stellen auf Antrag Vorrechte einzuräumen [BMJ 2006]:

1. Bundesbehörden,
2. Landes-, Kreis- und Kommunalbehörden,
3. Katastrophenschutz- und Zivilschutzorganisationen,
4. Aufgabenträger im Gesundheitswesen,
5. Hilfs- und Rettungsdiensten,
6. Dienststellen der Bundeswehr und der stationierten Streitkräfte,
7. Aufgabenträgern in Presse und Rundfunk.

Darüber hinaus können weitere Stellen durch 1. und 2. genannt werden, sodass der Straßenbetriebsdienst, aber auch Dritte, die z. B. im Winterdienst im Einsatz sind, eine Bevorrechtigung erhalten können. Nach § 2 müssen die Telekommunikationsanbieter lediglich ein Mindestangebot an Leistungen zur Verfügung stellen. In Bezug auf die Mobilfunkkommunikation bedeutet dies die Sicherstellung von Wahlverbindungen [BMJ 2006]. Demnach werden Sprachdienste und leitungsvermittelter Datendienst im GSM-Netz bevorrechtigt. UMTS-Dienste und paketvermittelte Datendienste im GSM-Netz wie GPRS und EDGE können nicht bevorrechtigt werden [Vodafone 2010b].

Durch eine Sicherstellung der Sprachübertragung über das GSM-Netz können die Anforderungen des Betriebsdienstes abgedeckt werden. Die Koordination kritischer Einsätze, wie beispielsweise die Einrichtung von Absicherungen bei Unfällen, bleibt durch eine gesicherte Sprachübertragung auch in Situationen mit Netzüberlastungen möglich. Die Datenübertragung ist keine sicherheitsrelevante Nutzung, welche auch in Extremfällen in Anspruch genommen werden muss.

Die konkrete Nutzung der bevorrechtigten Kommunikation im Mobilfunk erfolgt folgendermaßen [Vodafone 2010]: Im Regelbetrieb sind die Bevorrechtigungsfunktionen nicht aktiv. Bei erheblichen Störungen der Versorgung mit Telekommunikationsdienstleistungen aufgrund schwerer Unglücksfälle oder wenn durch Überlastung der Telekommunikationseinrichtungen die Versorgung der Bevorrechtigten gefährdet ist, erfolgt die Aktivierung der Bevorrechtigungsfunktion. Dies erfolgt selbstständig durch den Mobilfunkanbieter. Aufgrund einer dauerhaften Überwachung der Telekommunikationsnetze werden Störungen der Versorgung automatisch erkannt und es wird, sofern es nötig ist, die Bevorrechtigungsfunktion aktiviert. Dies erfolgt regional durch die einzelnen Vermittlungsstellen und temporär im gestörten Bereich. Tätigt ein bevorrechtigter Kunde bei aktivierter Bevorrechtigungsfunktion einen Anruf, wird über die Vermittlungsstelle die Bevorrechtigung geprüft und im überlasteten Netz das Gespräch eines nicht bevorrechtigten Kunden abgebrochen und der bevorrechtigte Ruf durchgeleitet. Nach Angaben eines Mobilfunkanbieters ist in der Praxis davon auszugehen, dass Netzüberlastungen zeitnah erkannt werden und die Funktion unmittelbar aktiviert wird, wodurch der bevorrechtigte Kunde problemlos Anrufe tätigen kann. Für bevorrechtigte Rufe fallen keine anderen als die vertragsgemäßen Kosten für gewöhnliche Rufe an [Vodafone 2010]. Die Bevorrechtigung muss einmalig gemäß dem Formblatt der Telekommunikations-Sicherstellungs-Verordnung für die jeweiligen Rufnummern beantragt werden. Für die Einräumung des Rechts bevorrechtigter Rufe ist gemäß § 12 Abs. 3 des PTSG [BMJ 2009b] einmalig ein Entgelt in Höhe von derzeit 50 € je Netzzugang, d. h. je Endgerät, zu zahlen.

Der genannte Nachteil des Netzbetriebs durch Dritte kann auch als Vorteil gesehen werden. Es entbindet den Betriebsdienst vom eigenständigen Netzaufbau, damit entfällt neben der Investitionsverantwortung auch die Verantwortung für den Betrieb des Netzes. Kontroll- und Wartungsaufgaben am Versorgungsnetz müssen nicht durch die Meisterei oder andere Dienststellen der Straßenbauverwaltung erbracht werden, sondern liegen im Zuständigkeitsbereich des Anbieters.

Des Weiteren ist der Mobilfunk eine vertraute Technik, welche in der Regel jeder bedienen kann, weshalb bei der Umstellung auf Mobilfunk keine größeren Probleme der Anwender oder ausgedehnter Schulungsbedarf nötig sein werden.

Die hohen kommerziellen Nutzerzahlen führen zu einer stetigen Verbesserung der Technik. Sowohl Netzabdeckung als auch Übertragungsraten steigen durch fortwährenden Netzausbau und die Einführung neuerer Übertragungstechniken kontinuierlich an (s. Kapitel 2.1.1).

6.1.3 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Investitions- und Betriebskosten des Digital- und Mobilfunks wurden in einem Kostenvergleich gegenübergestellt. Beispielhaft wurde die Ausstattung der Straßen- und Autobahnmeistereien eines fiktiven Bundeslandes durchgeführt, das eine Fläche von 35.000 km² hat. Die Anzahl der Meistereien wird in Anlehnung an die derzeitigen Betreuungsbereiche mit insgesamt 90 Autobahn- und Straßenmeistereien angesetzt.

Es ist angedacht, sowohl im Falle des Digitalfunks als auch des Mobilfunks die Endgeräte fahrzeuggebunden vorzuhalten, d. h., es wird eine der Anzahl an vorhandenen Fahrzeugen angepasste Menge an Geräten angeschafft. Dies hat sich in der Praxis als sinnvoll erwiesen. Pro Meisterei sind durchschnittlich zehn Fahrzeugfunkgeräte bzw. Mobiltelefone vorgesehen.

In den Betriebskosten der Systeme werden in beiden Fällen aus Gründen der Vergleichbarkeit keine Gebühren für die Kommunikation zu externen Stellen einbezogen, da Rufe an Externe in der gegenwärtigen Analogfunktechnik nicht möglich sind und somit anderweitig abgedeckt und kostenmäßig erfasst werden. Die in den Digitalfunktechniken erforderlichen Schnittstelle zur Kommunikation mit Dritten ist allerdings in die Investitionskosten aller Systeme mit einbezogen, da sie bei TETRA und TETRAPOL unmittelbarer Systembestandteil ist.

Kosten Digitalfunk

Systembedingt ergeben sich Unterschiede in der geplanten Infrastruktur zwischen TETRA/TETRAPOL und DMR/DPMR. Die Techniken TETRA und TETRAPOL sind für sehr große Netze geeignet, weshalb bei der Verwendung dieser Systeme ein gemeinsames Funknetz für das gesamte Bundesland konzipiert wird, welches über eine zentrale Bündelfunkvermittlung gesteuert wird. Die einzelnen Meistereien bilden eigene Funkgruppen für ihre interne Kommunikation (s. Kapitel 4.1.2). Mit den Techniken DMR und DPMR ist die Einrichtung

solch großer Netze nicht ohne weiteres möglich und wird in der Praxis nicht so umgesetzt. Im Falle dieser Techniken wird pro Meisterei ein eigenes Netz aufgebaut, weshalb im gesamten Bundesland 90 Funkvermittlungen notwendig sind. Der Nutzen der Systeme ist als gleichwertig zu betrachten, da ein gemeinsames Netz mehrerer Meistereien nicht unbedingt erforderlich ist.

Die Anzahl notwendiger Sendestandorte wird überschlägig mit Hilfe der Reichweite der Sendeanlagen und der Größe des Bundeslandes ermittelt. Hierbei ist zu beachten, dass angegebene Reichweiten nur Durchschnittswerte darstellen. Tatsächliche Reichweiten können abhängig von der Topografie stark schwanken. TETRA und TETRAPOL sind ausschließlich im 70-cm-Band verfügbar. Die Reichweite der Standorte beträgt in dieser Wellenlänge ca. 6 km. DMR und DPMR sind neben dem 70-cm-Band auch im 2-m-Band verfügbar. Im 2-m-Band beträgt die Reichweite 9 km. Die Kostenberechnung zu DMR und DPMR ist für die Nutzung des 2-m-Bandes durchgeführt, da die Verwendung des 2-m-Bandes im Analogfunk gängig ist und somit Antennen und Koaxialkabel vorhandener Standorte weiterverwendet werden können [KAI-TEC 2009]. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass der vorhandene Analogfunk auch in einer anderen Frequenz realisiert sein kann (s. Kapitel 2.1.1). Des Weiteren wird davon ausgegangen, dass aufgrund der Analogfunknutzung 100 vorhandene Sendestandorte im neuen Netz nach entsprechenden Umrüstungen weiterverwendet werden können. Die tatsächliche Zahl nutzbarer Sendeanlagen in einem Bundesland kann sehr stark variieren. Die Anzahl der insgesamt erforderlichen und der neuen Standorte für das vorliegende Beispiel enthält Tabelle 12.

Tabelle 13 zeigt die anzusetzenden Investitionskosten und Betriebskosten der vier Funkssysteme. TETRA und TETRAPOL sowie DMR und DPMR sind jeweils zusammengefasst, da sie sich zueinander in den Investitionskosten und Betriebskosten im Vergleich zu den Unterschieden beider Gruppen nur wenig unterscheiden. Der Vollständigkeit halber ist darauf hinzuweisen, dass TETRAPOL im Allgemeinen etwas teurer ist als TETRA. Es zeigt sich, dass sowohl in den Betriebs- als auch in den Investitionskosten die Systeme DMR und DPMR erheblich kostengünstiger sind.

	Reichweite je Standort (Radius) [km]	Versorgungsfläche je Standort ¹⁾ [km ²]	nötige Standorte ²⁾ (gerundet)	Standorte vorhanden	Standorte neu
TETRA/TETRAPOL	6	113	310	100	210
DMR/DPMR	9	254	140	100	40

¹⁾ Kreisfläche mit Radius entsprechend der Reichweite
²⁾ Quotient aus der Fläche des Bundeslandes (35.000 km²) und der Versorgungsfläche

Tab. 12: Anzahl an erforderlichen Sendestandorten in einem Bundesland je nach Digitalfunktechnologie

	TETRA/TETRAPOL			DMR/DPMR		
Investitionskosten (Lieferung, Material, Installation) [€]						
Leistung	Menge	Preis/Stück	Gesamtkosten	Menge	Preis/Stück	Gesamtkosten
(Bündel-)Funkvermittlung	1	340.000 €	340.000 €	90	21.000 €	1.890.000 €
Funkbasisstationen	310	35.000 €	10.850.000 €	140	16.100 €	2.254.000 €
Zwischensumme Infrastruktur			11.190.000 €			4.144.000 €
Fahrzeugfunkgeräte	900	900 €	810.000 €	900	900 €	810.000 €
Standortkosten bestehend	100	2.700 €	270.000 €	100	1.900 €	190.000 €
Standortkosten neu	210	17.100 €	3.591.000 €	40	17.100 €	684.000 €
Projektleitung/Schulung ¹⁾			671.000 €			248.000 €
Summe Investitionskosten			16.532.000 €			6.076.000 €
Betriebskosten [€]						
Leistung	Menge	jährl. Kosten pro Stück	jährl. Gesamtkosten	Menge	jährl. Kosten pro Stück	jährl. Gesamtkosten
Wartung Funkvermittlung	1	8.000 €	8.000 €	90	3.000 €	270.000 €
Wartung Funkbasisstationen	310	1.500 €	465.000 €	140	500 €	70.000 €
Kosten für Serviceleistungen	1	15.000 €	15.000 €	1	6.000 €	6.000 €
Summe Betriebskosten			488.000 €			346.000 €
¹⁾ 6 % der Infrastruktur						

Tab. 13: Investitions- und Betriebskosten TETRA/TETRAPOL und DMR/DPMR in einem Bundesland (Einheitspreise nach KAITEC [2009] und Erfahrungswerten von Anwendern)

Kosten Mobilfunk

Bei der Verwendung von Mobilfunk sind insgesamt 900 Mobiltelefone vorzuhalten. Obwohl in zahlreichen Meistereien bereits eine gewisse Anzahl an Endgeräten verfügbar ist, wird aus Gründen der Vergleichbarkeit von einer Neuanschaffung ausgegangen. Die Kosten für die Endgeräte sind nicht separat aufgelistet, da sie gemäß den gewählten Verträgen in den monatlichen Gebühren enthalten sind. Dabei handelt es sich um durchschnittliche Geräte nach dem aktuellen Stand der Technik.

Es wird vorausgesetzt, dass ein gemeinsamer Rahmenvertrag mit dem Mobilfunkanbieter vereinbart

wird. Bei der gegebenen Nutzerzahl sind gemäß der Anbieter Rabattierungen im Bereich von 5 % bis 25 % möglich. Bei der Berechnung wurde von 10 % ausgegangen.

Die gewählten Pauschaltarife (Flatrate) zur Sprachübertragung berücksichtigen nur Gespräche zwischen den Meistereimitarbeitern. Hierzu sind spezielle Verträge verfügbar, welche in den Konditionen zwischen Rufen zum angegebenen Nutzerkreis und zu Externen unterscheiden.

In Bezug auf die Datenübertragung wurden zwei getrennte Fälle berücksichtigt. Fall 1 sieht auch für die Datenübertragung eine Pauschalierung der Ge-

		Fall 1	Fall 2
		Sprach- u. Datenflatrate	Sprachflatrate; geringe Datenmenge
Gesprächsdauer Meisterei intern	[Min]	unbegrenzt	unbegrenzt
Datenübertragung mobiles Internet	[MB]	unbegrenzt	10
monatlicher Grundpreis pro Teilnehmer inklusive Mobiltelefon	[€]	45,00 €	20,00 €
Rabatt auf Grundpreis	[%]	10	10
rabattierter Grundpreis	[€]	40,50 €	18,00 €
monatl. Verbindungskosten Sprache	[€]	entfällt	entfällt
monatl. Kosten Datenübertragung	[€]	entfällt	1,00 €
monatl. Kosten pro Teilnehmer	[€]	40,50 €	19,00 €
monatl. Kosten für 900 Teilnehmer	[€]	36.450 €	17.100 €
Jahreskosten gesamt	[€]	437.000 €	205.000 €

Tab. 14: Jahreskosten Mobilfunk in einem Bundesland (Werte gerundet nach Angaben der Telekom [2011])

	Digitalfunk		Mobilfunk	
	TETRA/ TETRAPOL	DMR/DPMR	Sprach- und Datenflatrate	nur Sprachflatrate ³⁾
Betriebskosten	488.000 €	346.000 €	437.000 €	205.000 €
Barwert der Betriebskosten ¹⁾	4.163.000 €	2.951.000 €	3.728.000 €	1.749.000 €
Investitionskosten ²⁾	16.532.000 €	6.076.000 €	45.000 €	45.000 €
Gesamtbarwert	20.695.000 €	9.027.000 €	3.773.000 €	1.794.000 €

¹⁾ gemäß der Investitionsrechnung: Barwert nachschüssiger, jährlicher Raten mit Zins = 3 % und Laufzeit = 10 Jahre
²⁾ Mobilfunk: einmaliges Entgelt für bevorrechtigte Nutzung
³⁾ bei 10 MB Datenvolumen pro Monat je Endgerät

Tab. 15: Vergleich der Gesamtkosten (Barwerte) für die Ausstattung eines Bundeslandes mit Digitalfunk und Mobilfunk bei einem Betrachtungszeitraum von zehn Jahren

bühren vor. Fall 2 geht von einer sehr geringen Datenmenge aus, wie sie im gegenwärtigen Betriebsdienst häufig der Fall ist.

In den dargestellten Kosten ist die Nutzung bevorrechtigter Rufe nicht eingerechnet. Hierfür sind wie in Kapitel 6.1.2 dargestellt einmalig 50 € je Netzzugang zu entrichten. Für die betrachteten 900 Endgeräte wären dies einmalige Investitionen von 45.000 € im Zuge der Systemeinrichtung.

Kostenvergleich Digitalfunk und Mobilfunk

In Tabelle 15 ist ein Vergleich der berechneten Kosten gegeben. Hierzu wurden die Betriebskosten über einen Zeitraum von zehn Jahren betrachtet und mit einem Zinssatz von 3 % auf den Investitionszeitpunkt abgezinst. Abgezinsten Betriebskosten und Investitionskosten ergeben den Barwert aller Kosten zum Zeitpunkt der Investition. Es zeigt sich deutlich, dass der Mobilfunk auch im Falle

einer unbegrenzten Nutzung von Sprache und Daten am preisgünstigsten ist und TETRA/TETRAPOL sehr viel teurer sind als DMR und DPMR.

6.1.4 Empfehlung

Aus der dargestellten technischen und wirtschaftlichen Bewertung ergibt sich, dass der Mobilfunk weitestgehend alle Anforderungen des Betriebsdienstes erfüllen kann und die deutlich günstigere Technik ist. Bei der unmittelbaren Betrachtung des erforderlichen Leistungsumfangs und der Kosten wird somit empfohlen, den Mobilfunk zur Sprach- und Datenkommunikation im Straßenbetriebsdienst zu nutzen. In Kapitel 6.1.5 sind hierfür entsprechende Implementierungsschritte aufgezeigt, die eine sinnvolle Nutzung für den Betriebsdienst ermöglichen. Weiterhin sind in Kapitel 6.1.5 Aspekte dargestellt, welche zu einer Verringerung oder Behebung vorhandener Schwachpunkte beitragen.

Die generelle Frage, ob das Kommunikationsnetz der Straßenbauverwaltung durch einen Dritten kommerziell betrieben werden soll und somit dem vollständigen Zugriff entzogen ist, kann im Rahmen dieser Bewertung nicht beantwortet werden. Es zeigt sich zwar, dass weder die Verfügbarkeit noch die Systemstabilität des Mobilfunks zwangsläufig schlechter als bei einem eigenständigen Kommunikationssystem der Straßenbauverwaltung sind, aber die generelle Anforderung nach dem hoheitlichen Betrieb aller wichtigen Infrastruktureinrichtungen im Sinne der öffentlichen Daseinsvorsorge kann nur durch den eigenständigen Betrieb eines Digitalfunknetzes erfüllt werden.

Bei Aufbau eines Digitalfunknetzes muss zwischen den digitalen Techniken TETRA, TETRA-POL, DMR und DPMR entschieden werden. DMR und DPMR sind klar die wirtschaftlich günstigeren Systeme. TETRA und TETRA-POL sind hingegen insgesamt die deutlich leistungsfähigeren Systeme, wobei TETRA-POL im Vergleich zu TETRA jedoch keine ersichtlichen Vorteile aufweist. In Bezug auf die Sprachkommunikation können alle vier Techniken die Anforderungen des Betriebsdienstes gleichermaßen erfüllen. Da jedoch eine Nutzung für Sprache und Daten angedacht ist, sind somit die Übertragungskapazitäten und Datenraten entscheidend. Die Übertragungskapazitäten, parallele Übertragungsmöglichkeiten und maximale Datenraten sind bei DMR und DPMR jedoch geringer als bei TETRA und TETRA-POL (s. Tabelle 11). Deshalb hat für die Auswahl eines Systems eine detaillierte Betrachtung des zu erwartenden Umfangs an paralleler Daten- und Sprachübertragung und der Datenmengen zu erfolgen. Die Systeme DMR und DPMR können ggf. die geforderten Leistungen bieten, sofern sie mit einer ausreichenden Anzahl an Verkehrskanälen realisiert sind. Außerdem muss beachtet werden, dass lediglich TETRA und TETRA-POL ein Auslastungs- und Störmanagement bieten, was eine höhere Zuverlässigkeit des Systems zur Folge hat. Eine eindeutige Empfehlung kann nicht gegeben werden, da zwar DMR/DPMR deutlich kostengünstiger ist und ein für den Regelbetrieb anforderungsgerechtes Leistungsspektrum bietet, aber bei besonderen Auslastungsspitzen und Störfällen gegenüber TETRA/TETRA-POL von Nachteil ist.

6.1.5 Implementierungsschritte für den Mobilfunk

Um eine anforderungsgerechte Anwendung des Mobilfunks zu ermöglichen, sind verschiedene Maßnahmen und Entwicklungen notwendig, welche sowohl auf Seiten des Betriebsdienstes als auch auf Seiten der Mobilfunkanbieter und Endgerätehersteller gesehen werden:

- Vor dem Umstieg auf Mobilfunk ist unbedingt eine umfassende Prüfung der Netzqualität durchzuführen. Dies muss gesondert für das Versorgungsgebiet der jeweiligen Meisterei erfolgen, da es zwischen den einzelnen Anbietern Unterschiede im regionalen Netzausbau gibt. In vielen Meistereien liegen bereits Erfahrungen zur Netzqualität vor, da der Mobilfunk bereits ergänzend in Betrieb ist. Die Mobilfunkanbieter bieten Geschäftskunden die Möglichkeit zur Durchführung von Netztests, dies sollte genutzt werden.
- Als geeigneten Nutzungsvertrag empfiehlt sich eine Sprach- und Datenflatrate, wobei die Konditionen anbieterabhängig stark schwanken können und gegebenenfalls auch Verträge mit Inklusivminuten und Datenpaketen geeignet sein können. Hierfür sind Gesprächsaufkommen und Datenmengen genauer zu prüfen. Unbedingt empfehlenswert ist der Abschluss von Rahmenverträgen möglichst auf Landesebene für zahlreiche Nutzer gemeinsam. Durch eine hohe Anzahl an Nutzern ergibt sich ein größerer Verhandlungsspielraum mit deutlichen Rabattierungen des Grundpreises.
- Die Zahl der Endgeräte ist von der Größe der Meisterei sowie dem angedachten Nutzungskonzept abhängig. Die Befragungen in Meistereien, welche bereits jetzt ausschließlich Mobilfunk nutzen, lassen in einem ersten Schritt eine fahrzeuggebundene Ausgaben von Geräten als sinnvoll erscheinen. Darüber hinaus ist zu prüfen, ob die mitarbeiterbezogene Zuordnung der Endgeräte nicht Vorteile bietet, da sie dann unabhängig von fahrzeuggebundenen Einheiten erreichbar sind und auch für die Alarmierung in der Rufbereitschaft genutzt werden können.
- Zur Sicherung der Kommunikation im Falle von Netzüberlastungen bei Krisensituationen o. Ä. sollte sich der Betriebsdienst das Recht auf bevorrechtigte Nutzung der Leistungen einräumen lassen (s. Kapitel 6.1.2).

- Durch die Hersteller sollten wieder Endgeräte, die die Funktion Push-to-Talk haben, angeboten werden. Diese gab es im Mobilfunk kurzzeitig, haben sich jedoch nicht durchgesetzt. Über diese Funktion können Endgeräte in kurzer Reichweite ohne Nutzung von Infrastruktur kommunizieren, vergleichbar mit dem Direktmodus des Betriebsfunks. Bei einem Totalausfall der Kommunikationsinfrastruktur ist damit weiterhin die Kommunikation innerhalb von Einsatzteams möglich.
- Die fehlende Möglichkeit des Gruppenrufs lässt sich durch die Funktion der Konferenzschaltung nur sehr eingeschränkt kompensieren. Deshalb sind Mobilfunkbetreiber und Endgerätehersteller gefordert, zukünftig den Anruf an eine Gruppe von Teilnehmern über einfachen Knopfdruck zu realisieren. Der Betriebsdienst sollte dazu an diese herantreten und entsprechende Entwicklungen initiieren.
- Endgerätehersteller sollten Mobiltelefone gemäß den weiteren Anforderungen des Betriebsdienstes anbieten, d. h. robust, mit großen Tasten etc. (s. Kapitel 3.1.2). Bei der Beschaffung durch die Straßenbauverwaltungen sind diese Anforderungen in die Leistungsbeschreibung aufzunehmen und für die Bewertung der Anbieter auf jeden Fall zu berücksichtigen. Außerdem ist bei der Auswahl der Endgeräte zu beachten, ob und in welchem Umfang auch Daten jetzt oder in Zukunft übertragen werden sollen oder ob dies im Rahmen integrierter Systeme, z. B. für die AEDE, unabhängig erfolgt.
- Alternativ ist es möglich, statt den offenen Frequenzen, welche für den CB-Funk auch privaten Nutzern und besonders Lkw-Fahrern zu Verfügung stehen, die zuvor genutzten Betriebsfrequenzen weiterzubetreiben. Sofern die Frequenzen weiterhin durch die Bundesnetzagentur zur Verfügung gestellt werden, können (vorhandene) Betriebsfunkgeräte im Direktmodus weiter auf diesen Frequenzen genutzt werden, ohne hierfür eine stationäre Funkinfrastruktur betreiben zu müssen.

6.2 Technologien für die dynamische Erfassung winterlicher Witterungs- und Straßenzustände mit Hilfe von Floating Car Data

Auf Basis der Fahrzeug-Infrastruktur-Kommunikation (s. Kapitel 5.4.2) sowie der Möglichkeit der Erfassung des Fahrbahnzustandes über Sensoren an Reifen und Fahrzeugen (s. Kapitel 5.5) ist ein Informationssystem denkbar, welches dem Straßenbetriebsdienst dynamische Meldungen über die Wetter- und Straßenzustandsverhältnisse liefert. In dem Konzept melden Fahrzeuge des Individualverkehrs fortwährend abschnittsbezogene Daten über den Straßenzustand und die Wetterbedingungen, beispielsweise Glätte, Nässe oder Schneefall. Die Meldungen der einzelnen Fahrzeuge werden an zentraler Stelle gesammelt, ggf. mit externen Daten, beispielsweise aus Wettervorhersagen, kombiniert und für die Bewertung und Prognose des netzweiten Straßenzustandes genutzt. Außerdem werden sie den Verkehrsteilnehmern zu Informations- und Warnzwecken zur Verfügung gestellt.

Solange kein Gruppenruf über Mobiltelefone realisierbar ist, werden folgende Alternativen als Kompensation vorgeschlagen:

- Neben dem Mobilfunk kann CB-Funk zur Unterstützung eingesetzt werden. Die Kommunikation zwischen Meisterei und Mitarbeitern sowie zu allen Externen erfolgt über Mobilfunk. Bei Einsätzen, die mit Hilfe von Gruppenkommunikation koordiniert werden, wie beispielsweise Staffelfahrten im Winterdienst, wird CB-Funk verwendet. Mit Hilfe günstiger CB-Funkgeräte können sich in Reichweite befindliche Fahrzeuge verständigen, wie dies auch im Direktmodus des Funks der Fall ist (s. Kapitel 4.1.2). Gemäß Rücksprachen mit Anwendern lässt sich über CB-Funk der Mobilfunk so weit ergänzen, dass alle Anforderungen der Sprachkommunikation abgedeckt sind.
- Standortgebundene Messsysteme (GMA), welche gegenwärtig maßgebend für Einsatzentscheidungen im Winterdienst sind, können nur eine Aussage über die Straßenverhältnisse an einzelnen Punkten des Streckennetzes geben, oftmals bilden diese nicht das gesamte zu betreuende Straßennetz einer Meisterei ausreichend genau ab. Mit den Messdaten des fließenden Verkehrs können die Straßenwetterverhältnisse auch in Streckenbereichen zwischen den GMA erfasst werden. Hiermit wird die Möglichkeit geboten, ortsfeste stationär erhobene Daten auf ein gesamtes Streckennetz zu beziehen. Straßenmeistereien, die gegenwärtig meist wenige oder keine GMA in ihrem Streckennetz haben, können fehlende Standorte mit Daten aus dem Individualverkehr kompensieren, wenn entsprechende Referenzstationen vorhanden sind.

Kurative Winterdienstesätze lassen sich mit den Messdaten des Individualverkehrs dementsprechend bedarfsangepasst steuern. Präventivesätze können vor dem Hintergrund der Daten optimiert werden. Kontrollfahrten werden in größerem Umfang verzichtbar. Gegenüber den aufwändigen Messfahrten durch Messfahrzeuge oder Einsatzfahrzeuge haben die Messdaten von Fahrzeugen des Individualverkehrs den Vorteil, dass sie bereits vor einem Winterdienstesatz erhoben werden. Außerdem sind die abschnittsbezogenen Auswertungen nicht nur im Rahmen der Einsatzplanung, sondern auch für eine dynamische Routenanpassung der Winterdienstfahrzeuge nutzbar, damit ließen sich erfasste Gefahrenstellen, z. B. durch kleinräumig auftretende Glätte, schnell beheben.

Die Nutzung der dynamischen Daten zu Witterung und Straßenzustand kann sowohl einen Beitrag zur Verbesserung der Qualität des Winterdienstes als auch zur Kostenreduktion leisten und dabei aufgrund optimierter Einsätze zugleich die Sicherheit des Verkehrs steigern. Die unmittelbare Verfügbarkeit der Informationen, insbesondere der Warnung vor kritischen Straßenzuständen, für andere Verkehrsteilnehmer steigert ebenfalls die Sicherheit bei winterlichen Straßenzuständen.

Die Qualität fahrzeuggenerierter Daten ist gegenwärtig unklar. Es herrschen dazu von Seiten der Fahrzeughersteller und aus verschiedenen Forschungsprojekten unterschiedliche Einschätzungen, wie bereits in den Kapiteln 5.4.2 und 5.5 deutlich gemacht wurde. Gegenwärtige Systeme bieten nur vereinzelt die gleichen Messgrößen wie stationäre Anlagen, zahlreiche Werte müssen durch Algorithmen aus anderen Werten ermittelt werden, die Datenqualität ist ggf. für eine Verwendung im Betriebsdienst nicht ausreichend genau. Allerdings befinden sich Systeme noch in der Entwicklung, weshalb keine abschließende Einschätzung zur Datenqualität möglich ist.

Die Bereitstellung eines funktionsfähigen Systems für den Individualverkehr und Mitnutzung durch den Betriebsdienst erfordern folgende Entwicklungen außerhalb des Einflussbereiches des Betriebsdienstes:

- zuverlässige Sensoren und Berechnungsalgorithmen,
- Serienausstattung von Fahrzeugen mit den entsprechenden Sensoren,

- Datenkompatibilität zwischen verschiedenen Fahrzeugherstellern, einzelne Hersteller implementieren ggf. Systeme nur für ihre Kunden, dies ist jedoch für den Betriebsdienst keine zufriedenstellende Lösung,
- verfügbare Datenplattform und Übertragungsinfrastruktur,
- ggf. Ausräumen von Bedenken der Bevölkerung wegen Datenschutzes.

Sowohl die Sensorik zur Erfassung der Witterungs- und Straßenzustandsdaten als auch die mögliche Übertragung vom Fahrzeug zu einem zentralen Rechner werden maßgeblich durch die Automobilindustrie vorangetrieben, um diese Daten unmittelbar im Fahrzeug bzw. als Mehrwert für andere Verkehrsteilnehmer zur Verfügung zu stellen. Die entsprechende Plattform zur Sammlung, Verarbeitung und Verteilung der Daten könnte dabei von den Fahrzeugherstellern eingerichtet werden. Bei gegenwärtigen Systemen, welche Fahrzeugführer über Staus o. Ä. durch Meldungen des fließende Verkehrs informieren, ist dies ebenfalls der Fall (s. Kapitel 5.4.2). Unmittelbare Entwicklungen durch den Straßenbetriebsdienst sind hierzu nicht erforderlich. Die Realisierung wird vornehmlich durch andere Marktinteressen beeinflusst.

Aufgrund der Systemimplementierung durch Dritte sind Implementierungskosten in erster Linie nicht beim Betriebsdienst zu sehen. Welche Konzepte es jedoch für die Datennutzung geben kann und inwieweit die Daten von den Systembetreibern nur gegen Entgelt zu Verfügung gestellt werden, kann nicht abschließend beurteilt werden. Die Datenplattform kann neben den Fahrzeugherstellern auch durch Dritte betrieben werden, denkbar sind z. B. Anbieter der Infrastruktur zur Datenübertragung. Es kommen das Mobilfunknetz oder Übertragungsbaken im Straßenseitenraum für die Datenübertragung infrage (s. Kapitel 5.4.1). Im Falle von Übertragungsbaken stehen die jeweiligen Baulastträger in der Verantwortung, ggf. wäre hierin auch der Betriebsdienst unmittelbar gefordert.

Insgesamt stellt die Gewinnung dynamischer Daten über Witterung und Straßenzustand Potenziale zur Optimierung des Betriebsdienstes, insbesondere des Winterdienstes, dar. Es wird empfohlen, von Seiten des Straßenbetriebsdienstes frühzeitig ein Konzept zur sinnvollen Datennutzung der dynamisch erhobenen Daten zu entwickeln, da davon

auszugehen ist, dass entsprechende Daten zur Verfügung stehen werden.

Sobald sich die Marktreife der Systeme abzeichnet, sollten die Möglichkeiten der Datenverfügbarkeit für den Straßenbetriebsdienst konkreter analysiert werden. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die Daten in unterschiedlicher Qualität, zu unterschiedlichen Zeitpunkten und mit unterschiedlicher Aussagesicherheit verfügbar sein werden. Von großer Bedeutung sind daher die Plausibilitätsprüfung und sinnvolle Aggregation der vielen Messdaten. Es ist zu analysieren, ob die generierten Daten den gleichen Bewertungskriterien wie für Messdaten stationärer Messstellen standhalten müssen (s. Kapitel 2.1.3 und 3.6.) oder ob eine eingeschränkte Datenqualität mit einer großen Datenmenge kompensiert werden kann. Im Rahmen von Modellrechnungen und Simulationen kann ermittelt werden, welche Datenqualität und welcher Datenumfang für ausreichend verlässliche Aussagen zur Verfügung stehen müssen. Hieraus lassen sich in Abhängigkeit der Verkehrsbelastung und der zeitlichen Variabilität der erfassten Messdaten Aussagen zum erforderlichen Ausstattungsgrad des Individualverkehrs ableiten.

Die Verarbeitung der verfügbaren Datenmengen ist nur dann sinnvoll, wenn sich auch Meldungen für den Betriebsdienst erzeugen lassen, die die Daten aus vorhandenen GMA in ihrer Genauigkeit in Bezug auf die Abbildung der Streckenverhältnisse erweitern und dadurch einen tatsächlichen Gewinn darstellen. Es ist zu beachten, dass eine besonders kleinteilige räumliche Erhebung von Messwerten nicht zwingend eine geänderte Einsatzplanung möglich macht. Zeigen die Messwerte innerhalb weniger Kilometer einen Wechsel zwischen glatter und nicht glatter Strecke, muss dennoch die gesamte Strecke zum Streueinsatz befahren werden. Daher kann es sinnvoll sein, vorab in theoretischen Betrachtungen die Auswirkungen kleinräumiger und weiter differenzierter Daten auf Einsatzentscheidung und Praxis des Winterdienstes näher zu untersuchen, um hieraus die Anforderungen an die weitere Differenzierung der Erfassung und Prognose von Witterungs- und Straßenzustand besser eingrenzen zu können. Hierbei können Vorschläge erarbeitet werden, wie die abschnittsbezogenen Mess- und Prognosedaten in die Betriebsdienstabläufe im Winterdienst adäquat einbezogen werden können.

Es ist zu beachten, dass Betriebsdienst und private Pkw nicht mit den unmittelbar gleichen Daten ver-

sorgt werden sollen. Den privaten Verkehrsteilnehmern sollen durch das System Warnmeldungen im Falle einer vorhandenen Glätte übertragen werden. Liegt keine gefährliche Situation vor, ist somit auch keine Datenübertragung vorgesehen. Für die Einsatzplanung im Winterdienst ist jedoch neben aktuellen kritischen Zuständen die Beobachtung der Entwicklung und der Tendenzen des Witterungs- und Straßenzustandes interessant. Für die unmittelbare Einsatzentscheidung zur Einsatzauslösung müssen relevante Messungen möglichst frühzeitig zur Verfügung stehen. Somit benötigt der Betriebsdienst fortlaufend Daten der mit dem System ausgerüsteten Fahrzeuge anstatt der Warnmeldungen bei detektierter Glätte oder anderen kritischen Zuständen. Die besonderen Belange des Betriebsdienstes sind somit bei der Implementierung zu berücksichtigen. Das Informationssystem muss über eine geeignete Aufbereitung der Messwerte unterschiedlicher Positionen und unterschiedlicher Zeitpunkte, welche in verschiedenen Fahrzeugen gemessen werden, zusammenbringen, um Entwicklungen abbilden zu können.

Neben der dargestellten Anwendung ließen sich die Techniken der Fahrzeug-Infrastruktur-Kommunikation auch für betriebsdienstseigene Fahrzeuge unmittelbar nutzen. So könnten die Messwerte von GMA direkt in Einsatzfahrzeuge übertragen werden. Durch eine Ausstattung der GMA mit den Übertragungstechniken der C2X-Kommunikationsbaken könnten immer beim Passieren der GMA deren Messdaten unmittelbar in das Fahrzeug übertragen werden. Alternativ ist es auch denkbar, die Daten über Mobilfunk zu übertragen. Hierbei könnten durch Nutzung der zellulären Struktur die Daten gezielt nur an Winterdienstfahrzeuge im nahen Umfeld übertragen werden (s. Kapitel 5.4.2).

6.3 Verbesserte Positionsbestimmung und Objekterkennung

6.3.1 Anwendungsmöglichkeiten

In den Kapiteln 5.1 und 5.2 sind Technologien zur verbesserten Positionsbestimmung (DGPS, Galileo) bzw. Objekterkennung (RFID) beschrieben, welche verschiedene Anwendungsmöglichkeiten im Straßenbetriebsdienst bieten. Obwohl es sich um grundlegend unterschiedliche Technologien handelt, überschneiden sich die Anwendungsfelder.

Die Techniken DGPS und Galileo bieten Verbesserungen in der Positionsbestimmung gegenüber

dem bereits häufig implementierten GPS, wodurch sich folgende Nutzungsmöglichkeiten ergeben:

- In der AEDE lässt sich der Einsatzort präziser und mit reduziertem Aufwand erfassen. Gegenwärtig lässt sich der Streckenabschnitt über die Positionsbestimmung mit GPS ermitteln, auf welchem Fahrstreifen oder an welchen Objekten Arbeiten erfolgen, kann jedoch nur über manuelle Eingaben erhoben werden. Über die präzisere Positionsbestimmung kann automatisch eine fahrstreifengenaue Erfassung der Einsatzstrecke bei Räumstaffeln und Grasmahd für eine präzise AEDE und Einsatzkontrolle erfolgen. Darüber hinaus ist auch eine fahrstreifengenaue Steuerung möglich. Hiermit könnten zum Beispiel Systeme zur automatischen Anpassung von Streubreite und Streubild (s. Kapitel 4.4) durch eine präzisere Positionsbestimmung in ihrer Genauigkeit weiter verbessert werden.
- Des Weiteren wäre es denkbar, in der AEDE einzelne Objekte, wie beispielsweise Schilder, automatisch zu erfassen. Dazu wird im Erfassungssystem der Bezug zwischen der exakten Positionskoordinate und dem Objekt hergestellt, wodurch das mobile Eingabegerät automatisch das entsprechende Objekt erkennt.
- Eine automatische Objekterkennung kann auch im Bestandsdatenmanagement zum Einsatz kommen. Gegenwärtig sind in geringerem Umfang bzw. versuchsweise mobile Endgeräte zur Streckenkontrolle, Bestandserfassung und Baubeobachtung im Einsatz, bei denen jedoch das jeweilige Objekt stets manuell gewählt werden muss.
- Innerhalb von Baustellenortungssystemen über GPS, wie beispielsweise dem System DORA (s. Kapitel 4.3), ist der Einsatz einer präziseren Positionserfassung als Ergänzung denkbar. In laufenden Systemen wird die exakte Position der Absperranhänger indirekt aus der GPS-Position, der Fahrtrichtung und der Pfeilstellung abgeleitet. Über eine genauere GPS-Position kann die jeweilige Fahrspur, auf der sich der Absperranhänger befindet, unmittelbar bestimmt werden. Die Zuverlässigkeit und Fehlerfreiheit des Systems können gesteigert werden.

Die RFID-Technologie dient zur Identifikation und Verwaltung von Objekten und bietet über Transponder und Lesegeräte eine unmittelbare Objekt-

identifikation. Im Straßenbetriebsdienst ist diese Technik in folgenden Bereichen denkbar:

Die Objektidentifikation über RFID kann in der AEDE zur vereinfachten Einsatzdokumentation bei objektbezogenen Arbeiten zum Einsatz kommen. Zu nennen sind hierfür das Unterhalten und Reinigen von Entwässerungseinrichtungen und Ausstattungsobjekten, wie beispielsweise Verkehrszeichen oder die Tunnelausstattung. Aufgrund des automatischen Auslesens der RFID-Transponder bei Annäherung des Lesegerätes ist dies ohne zusätzlichen Arbeitsaufwand möglich.

Im Besonderen ist auch eine Anwendung im Bestandsdatenmanagement, bei Streckenkontrollen sowie der Baubeobachtung denkbar. Die erfolgte Kontrolle ist automatisch vermerkt und etwaige Mängel oder Ähnliches können unmittelbar vor Ort im Verwaltungssystem objektbezogen gespeichert werden. Verwechslungen zwischen Objekten werden vermieden sowie der Dokumentationsaufwand in der Bestandsdatenverwaltung und der Arbeitsaufwand bei der Bestandskontrolle werden enorm reduziert.

Die Technik ist für die Verwendung an folgenden Objekten der Straßenausstattung denkbar:

- Baubeobachtung,
- Tunnelausstattung,
- Entwässerungseinrichtungen,
- Verkehrszeichen.

Neben den dargestellten Anwendungen kann die Objektidentifikation über RFID auch im Meistereigehöft zum Einsatz kommen. Mit Hilfe der RFID-Transponder können Werkzeuge und Anbaugeräte identifiziert und deren Ausgabe dokumentiert und verwaltet werden. Außerdem können bevorratete Güter wie Verkehrszeichen o. Ä. bereits am Gehöft über RFID erfasst werden. Entnahmen lassen sich mit einem stationären Lesegerät an geeigneter Stelle automatisch dokumentieren, wodurch auf einfache Weise stets Gewissheit über die Lagerbestände herrscht.

6.3.2 Bewertung

Die fahrstreifengenaue Erfassung der Einsatzstrecke mit Hilfe verbesserter Positionsbestimmung stellt durchaus eine Optimierung für die AEDE dar. Bei entsprechenden Einsätzen, wie Räumstaffeln

und Grasmahd, lassen sich präzisere Einsatzberichte als Basis für weitergehende Auswertungen erzeugen. Außerdem können während der Einsätze eine optimierte Einsatzkontrolle und -steuerung erfolgen, welche besonders im Winterdienst wichtig sind. Für die Fahrer ergibt sich keinerlei zusätzlicher Aufwand.

Die fahrstreifengenaue Erfassung der Position von Absperranhängern in Baustelleninformationssystemen bietet wie bereits erwähnt eine Verbesserung der Zuverlässigkeit. Hieraus kann sich für die Betriebsdienstmitarbeiter in AkD eine Verbesserung der Sicherheit ergeben.

Die vereinfachte Objekterfassung bietet in der AEDE, bei Streckenkontrollen und mobiler Bestandsdatenerfassung folgende Optimierungspotenziale: Eine manuelle Eingabe von Objekten entfällt, wodurch der Arbeitsaufwand reduziert wird. In der AEDE können somit ohne Steigerung des Arbeitsaufwandes detailliertere Berichte erzeugt werden. Das Bestandsdatenmanagement kann durch eine automatische Erkennung von Objekten qualitativ erheblich verbessert werden. Verwechslungen von Objekten können über die automatische Zuordnung ausgeschlossen werden.

Möglich ist die vereinfachte Objekterkennung sowohl über die verbesserte Positionsbestimmung als auch über RFID. Die Variante mit RFID bietet systembedingt verschiedene Vorteile. Über die Position können Objekte lediglich indirekt bestimmt werden. Die erforderliche Zuordnung von Positionskordinaten zu Objekten birgt ein gewisses Fehlerpotenzial. Über RFID-Transponder an den Objekten erfolgt eine direkte Erkennung durch das Auslesen des Transponders. Besonderer Vorteil der RFID-Technik liegt in der Qualität der Dokumentation erfolgter Prüfungen bzw. Arbeiten. Durch kurze Ausleseabstände bei den Transpondern ist es möglich, eine ordnungsgemäße Durchführung von Kontrollen zu erzwingen. Die erfolgte Kontrolle lässt sich nur dann im System vermerken, wenn das Lesegerät nahe genug an den Transponder herankommt. Somit ist es nicht möglich, sozusagen im Vorbeifahren notwendige Kontrollen „abzuhaken“, ohne das Objekt tatsächlich kontrolliert zu haben. Besonders interessant ist dieser Aspekt beim Einsatz von Fremdunternehmern. Diese lassen sich über eine Dokumentation auf Basis von RFID zuverlässig überprüfen und haben ihrerseits einen eindeutigen Nachweis über erbrachte Leistungen. Des Weiteren ist eine Objekterfassung mit den RFID-Transpon-

dern auch im Sichtschatten von Satelliten, wie beispielsweise unter Brücken oder in Tunneln möglich.

Die Anwendung von RFID in der Werkzeug- und Geräteverwaltung oder zum Management der Lagerbestände wird ebenfalls als sinnvoll erachtet, da sich ohne Mehraufwand eine Verbesserung des Logistikflusses der genannten Güter einer Meisterei erreichen lässt.

6.3.3 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Verbesserte Positionsbestimmung

Sowohl Investitions- als auch Betriebskosten der verbesserten Positionserfassung werden maßgeblich von der notwendigen Genauigkeit beeinflusst. Bei der Wahl des geeigneten Dienstes und der Kostenabschätzung ist die Gegenüberstellung in Kapitel 5.1.4 zu beachten.

Für die fahrstreifengenaue Positionserfassung darf die Abweichung in der Positionsbestimmung maximal 1,5 Meter betragen. Somit kommt dafür der SAPOS-HEPS-Dienst mit einem Empfänger infrage, der ca. 5.000 € netto kostet. Gegebenenfalls ist zukünftig auch der SAPOS-EPS-Dienst geeignet. Betriebskosten ergeben sich durch die notwendige Datenübertragung. An SAPOS sind für den HEPS-Dienst 0,10 € pro Minute laufender Datenübertragung zu zahlen. Bei der Anwendung des SAPOS-EPS-Dienstes sind jährlich 150 € unabhängig von der Datenmenge zu zahlen. Neben den Kosten an SAPOS fallen in beiden Fällen Übertragungskosten für die Nutzung von GPRS/UMTS an. Die Rahmenbedingungen dieses Vertrags sind von der Anzahl der Nutzer im Rahmenvertrag sowie vom Nutzungsumfang abhängig. Im Falle der Implementierung von Mobilfunk zur gesamten Sprachkommunikation und Datenübertragung des Betriebsdienstes gemäß Kapitel 6.1.5 sind ggf. bereits günstige Rahmenverträge implementiert.

Für eine Objektbestimmung und Schadenslokalisierung lässt sich die erforderliche Genauigkeit schwer abschätzen, da diese je nach Umfeldsituation stark variieren kann. Allerdings ist in vielen Fällen eine Genauigkeit im Bereich von 5 m ausreichend, weshalb neben den vorgenannten Diensten auch EGNOS und eventuell Galileo infrage kommen. Für EGNOS würde ein etwas günstigerer Empfänger im Bereich von 3.000 € netto bereits ausreichende Werte liefern. Für ausreichend hochwertige Empfänger für Galileo, die für die vorgesehene hohe

Genauigkeit erforderlich sind, können derzeit noch keine Kosten abgeschätzt werden. Bei der Nutzung von EGNOS oder Galileo ergeben sich darüber hinaus keine Übertragungskosten.

Es zeigt sich, dass die Kosten für eine präzisere Objektbestimmung günstiger wären als für die fahstreifengenaue Positionsbestimmung.

Für eine Abschätzung der gesamten Investitionskosten einer Meisterei wird davon ausgegangen, dass 10 Endgeräte je Meisterei benötigt werden. Der Preis je Empfangsgerät wird mit 5.000 € angesetzt, um eine ausreichende Genauigkeit auch für die Anwendungen der fahstreifengenaue Positionsbestimmung zu bieten. Die Gesamtinvestitionskosten liegen somit in einer Größenordnung von 50.000 € je Meisterei.

RFID

Die Kosten der RFID-Technik werden maßgebend von den Investitionskosten für die Transponder beeinflusst. Da ein kurzer Ausleseabstand anwendungsbedingt sinnvoll ist, können die günstigeren passiven Transponder zum Einsatz kommen (s. Kapitel 5.2). Praktiker geben einen Ausleseabstand in der Größenordnung von 20 cm als geeignet an, um die entsprechenden Aufgaben erfüllen zu können und die Dokumentation ohne unnötigen Mehraufwand durchzuführen. Für eine einwandfreie Zuordnung der Objekte und im Sinne der für den Betriebsdienst geeigneten Art der Datenverwaltung sind Transponder mit Seriennummer ab Werk ausreichend (s. Kapitel 5.2).

Neben der technischen Ausstattung stellt die Abnahmemenge einen maßgebenden Faktor für den Preis der Transponder dar. Eine durchschnittliche Meisterei würde überschlägigen Erhebungen zufolge ca. 10.000 Transponder benötigen, um Abläufe und Schächte, Bäume, Verkehrszeichen und weitere besondere Objekte im Zuständigkeitsbereich auszustatten. Die Tunnelausstattung ist sehr spezifisch und wird deshalb nicht weiter berücksichtigt. Bei der genannten Stückzahl kann laut einem beispielhaften Hersteller von einem Einzelpreis von 2,50 € netto für Transponder mit einem Ausleseabstand von 15 cm ausgegangen werden. Insgesamt würden damit 25.000 € Investitionskosten für die Beschaffung der Transponder anfallen. Das Anbringen der Transponder und die einmalige Zuordnung zur Datenbank sind im Zuge von Kontrollfahrten durchzuführen und werden hierin nicht kostenmäßig bewertet.

Die Auslesegeräte kosten laut Hersteller 3.000 € pro Stück für eine Anwendung entsprechend der vorgesehenen Art. Geht man von 5 Geräten pro Meisterei aus, um die verschiedenen Anwendungen wie Streckenkontrolle, Baumbeobachtung, Bestandsdatenmanagement, Unterhaltung und Reinigung von Ausstattung und Entwässerung zu unterstützen, können die Investitionskosten für die Lesegeräte mit 15.000 € angesetzt werden.

Da die RFID-Technik im Rahmen des Bestandsdatenmanagements bzw. der AEDE zum Einsatz kommen soll, sind keine separaten Softwarelösungen erforderlich. Die erforderlichen Kosten für die Erweiterung dieser Anwendungen lassen sich nicht abschätzen, sie werden jedoch als eher gering eingeschätzt, da keine umfassende Erweiterung der Funktionalität erforderlich ist.

Es ergeben sich keine nennenswerten Betriebskosten durch den Einsatz der RFID-Technik.

6.3.4 Empfehlung

Die verbesserte Positionsbestimmung mit Hilfe von DGPS ist für die fahstreifengenaue Erfassung in der AEDE generell sinnvoll. Allerdings ist die Verbesserung gegenüber gegenwärtigen Systemen auf GPS-Basis jedoch zu gering, um im Vergleich zu den anfallenden Kosten das System ausdrücklich zu empfehlen. Darüber hinaus kann die verbesserte Positionsbestimmung bei der genaueren Positionsbestimmung für Absperranhänger im Rahmen von Baustellenortungssystemen genutzt werden. Auch für die präzisere Steuerung von Fahrzeugen und Geräten, z. B. im Zuge von Räumstafeln oder bei Grünpflegearbeiten, kann der Einsatz dieser Systeme sinnvoll sein. Für diese Einsatzbereiche wird jedoch empfohlen, in einem ersten Schritt Nutzen und technische Anwendungsmöglichkeiten genauer zu analysieren.

Für die vereinfachte Objektidentifikation wird der Einsatz von RFID-Systemen empfohlen, da diese eine einfache und eindeutige Objekterkennung auch in Tunneln, unter Brücken etc. ermöglichen. Zwar sind die Kosten für die Transponder und die Lesegeräte voraussichtlich höher als für ein einfaches DGPS, doch die Anwendung erscheint weit aus einfacher und zuverlässiger. Durch die vereinfachte Objektidentifikation mit RFID können zahlreiche Anwendungen wie das Bestandsdatenmanagement, die Streckenkontrolle, die Baumbeobachtung und die AEDE optimiert werden.

6.3.5 Implementierungsschritte

Sowohl RFID als auch DGPS über Korrekturdaten sind ausgereifte Techniken, die bereits in verschiedenen Branchen im Einsatz sind. Entsprechend sind branchenspezifische Endgeräte verfügbar.

Im Falle einer Implementierung im Straßenbetriebsdienst sind die erforderlichen Komponenten für RFID bzw. DGPS in die mobilen Endgeräte, die für die vorgesehenen Anwendungen genutzt werden, zu integrieren, damit nur ein mobiles Endgerät für die verschiedenen Anwendungen des Betriebsdienstes benötigt wird und da die erfassten Daten unmittelbar in diesen Anwendungen weiter verarbeitet werden. Es sind daher die jeweiligen Anbieter gefordert, Endgeräte, wie sie bereits für AEDE oder Bestandsdatenerhebung im Einsatz sind, mit DGPS-Empfänger bzw. RFID-Antennen auszustatten und die Funktionalität in ihren Anwendungen zu integrieren.

Fahrstreifengenaue Positionsbestimmung über DGPS

Für die ausreichende genaue Positionsbestimmung sind Korrekturdaten von SAPOS erforderlich. Hierzu ist ein Datendienstvertrag abzuschließen.

Eine besondere Herausforderung kann die Zuordnung der geodätischen Koordinaten zu den Bestandsdaten darstellen. Im System muss von den geodätischen Koordinaten auf die einzelnen Fahrstreifen geschlossen werden können. Hierzu kann das vorhandene und gemäß Kapitel 3.1.1 bewährte Netzknottensystem als Zwischenschritt dienen. Über geeignete Algorithmen erfolgt die Zuordnung von geodätischen Koordinaten zu den Elementen des Netzknottensystems und damit zu den Fahrstreifen. Das vorhandene Kartenmaterial bzw. die vorhandenen SIB-Daten müssen dafür ausreichend genau sein (s. Kapitel 2.1.4). Es kann zur Implementierung des Systems ggf. erforderlich sein, die Bestandsdaten in der SIB in ihrer Genauigkeit zu verbessern. Es wird empfohlen, vor einer umfassenden Einführung die SIB-Daten auf ihre Genauigkeit stichprobenhaft zu überprüfen.

RFID zur Objekterfassung der Straßen - ausstattung

Die Implementierung eines Systems erfordert die Ausstattung aller Objekte, die erfasst werden sollen, mit Transpondern. Dies geschieht am besten

durch den Betriebsdienst im Zuge der Bestandsdatenerfassung oder regelmäßiger Kontrollen der Objekte. Analog dazu muss im vorhandenen Datenbanksystem eine Zuordnung der einzelnen Objekte zu deren RFID-Transpondern erfolgen. Bei der Verwendung nicht beschreibbarer Transponder mit Seriennummer ab Werk muss diese Nummer dem Datensatz des ausgestatteten Objekts als Identifikationsnummer zugewiesen werden. Allerdings kann es vorkommen, dass Objekte gegenwärtig nicht im Einzelnen erfasst sind, sondern als Streckenmerkmal. Somit kann die Implementierung des Systems weitergehende Bestandsaufnahmen und eine Aktualisierung der SIB erforderlich machen.

Die jeweiligen Daten und Kontrollvermerke werden in der Datenbank hinterlegt. Um den bedeutenden Systemvorteil einer eindeutigen Nachweisbarkeit der Kontrollen zu erreichen, muss eine gewisse Manipulationssicherheit der Datenhaltung gewährleistet sein. Es dürfen dort keine Kontrollvermerke eingetragen werden können, ohne den Transponder tatsächlich ausgelesen zu haben.

6.4 Automatisierung von Arbeits - prozessen im Verkehrsraum

In der Fahrzeugtechnik gibt es mit den Forschungen zur elektronischen Deichsel und autonomen Fahren sehr beeindruckende Entwicklungen bzgl. führerloser Fahrzeuge (s. Kapitel 5.4.3 und 5.4.4). Im Bereich der Landwirtschaft gibt es intensive Forschungen zur Entwicklung kleiner autonomer Arbeitsroboter (s. Kapitel 5.3.1). In begrenztem Rahmen sind diese bereits einsatzfähig. Diese Entwicklungen unbemannter Fahrzeuge bieten auch Potenziale für die Anwendung im Straßenbetriebsdienst:

Denkbar sind unbemannte Transportfahrzeuge für Absperrtafeln und selbstständig fahrende Vorwarn- tafeln bei mobilen Arbeitsstellen kürzerer Dauer. Zur Absicherung von Arbeitsstellen kürzerer Dauer sind abhängig von den örtlichen Randbedingungen eine oder mehrere Absperrtafeln und bis zu zwei Vorwarn- tafeln nötig, welche in definierten Abständen hinter dem Arbeitsfahrzeug folgen. Diese Absperr- und Warneinrichtungen könnten auch unbemannt und selbstständig fahrend dem Arbeitsfahrzeug entsprechend den nötigen Abständen folgen.

Des Weiteren ist es denkbar, unbemannte Arbeitsfahrzeuge für Mäh- und Kehrarbeiten einzusetzen.

Diese Geräte könnten sich ohne Fahrer im Straßenseitenraum oder auf dem Standstreifen fortbewegen und autonom die Aufgabe des Mähens oder Kehrens erfüllen.

Bei der Absicherung von Arbeitsstellen kürzerer Dauer sind die beteiligten Personen stets einer Gefährdung durch den Straßenverkehr ausgesetzt. Immer wieder werden die Absperr- und Vorwarntafeln nicht rechtzeitig erkannt und es kommt zu zum Teil schweren Unfällen. Wesentliche Anforderung von Seiten des Betriebsdienstes an den Einsatz der LuK-Technologien ist daher die Verbesserung der Arbeitssicherheit für die Mitarbeiter (s. Kapitel 3.7). Autonome fahrende Absperr- und Vorwarntafeln sowie unbemannte Mäh- und Kehrfahrzeuge könnten einen großen Sicherheitsgewinn für das Betriebsdienstpersonal bieten.

Neben der deutlichen Steigerung der Arbeitssicherheit lässt sich durch unbemannte Absperr- und Vorwarneinrichtungen auch das Personal effizienter für andere Tätigkeiten einsetzen. Mäh- und Kehrarbeiten ließen sich durch automatisierte Arbeitsfahrzeuge aufgrund der entfallenen Arbeitszeitbeschränkungen auch rund um die Uhr durchführen. Eine Verlagerung der Zeiten von Arbeitsstellen kürzerer Dauer reduziert Staus (s. Kapitel 3.7) und kann sich somit auf den Verkehrsfluss positiv auswirken.

Es befinden sich derzeit keine unbemannten Fahrzeuge für den Betriebsdienst in Entwicklung, weshalb über konkrete Umsetzungswege nur Überlegungen und Vorschläge aufgestellt werden können.

Unbemannte Absperr- und Vorwarntafeln könnten mit Hilfe der elektronischen Deichsel vom Arbeitsfahrzeug zum Einsatzort „gezogen“ werden. Sobald die Arbeitsstelle eingerichtet wird, werden die Warntafeln in den autonomen Betriebsmodus geschaltet. Sie fahren selbstständig mit Hilfe der Techniken autonomer Fahrzeuge, wie sie gegenwärtig entwickelt werden. Über eine Fahrzeug-Fahrzeug-Kommunikation stehen sie weiterhin mit dem Arbeitsfahrzeug der Kolonne in Verbindung, damit die definierten Abstände gesteuert werden könnten. Eventuell kann der Fahrer des Arbeitsfahrzeugs die Absperrtafeln über eine Videoanzeige überwachen. Bei Beendigung der Arbeitsstellen werden die Absperrtafel- und Vorwarneinrichtungen wiederum mit der elektronischen Deichsel zurück zur Meisterei gebracht.

Unbemannte Arbeitsfahrzeuge zum Mäh- und Kehreinsatz könnten sich ebenfalls mit ähnlichen

Methoden wie die in der Entwicklung befindlichen autonomen Fahrzeuge orientieren. Es erscheint sinnvoll, die Arbeitsgeräte durch einen Mitarbeiter zum Beginn ihres Einsatzortes zu bringen und sie ab dort selbstständig fahren zu lassen. Der Mitarbeiter kann dann von außerhalb des Verkehrsraums die Situation überwachen und gleichzeitig erforderliche manuelle Arbeiten durchführen. Neben der Fortbewegung entlang des Straßenraums müssen die Fahrzeuge außerdem in der Lage sein, selbstständig die definierten Aufgaben zu erfüllen. Die in Kapitel 5.3.1 beschriebenen Feldroboter aus dem Bereich Landwirtschaft dienen dafür als Vorbild.

Abgeleitet aus den gegenwärtigen Fortschritten des autonomen Fahrens kann eine selbstständige Fortbewegung von Betriebsdienstfahrzeugen durchaus umsetzbar sein. Laufende Projekte beschäftigen sich mit unbemanntem Fahren im innerstädtischen Bereich (s. Kapitel 5.4.4). Die Rahmenbedingungen sind auf Autobahnen aufgrund der längeren Streckenabschnitte ohne Zufahrten, der meist durchgehend vorhandenen Markierungen, fehlender Lichtsignalanlagen, des gerichteten Verkehrsflusses sowie der fehlenden Fußgänger wesentlich günstiger als im innerstädtischen Verkehr, sodass nach Einschätzung von Fachleuten dies durchaus ein realistisches Einsatzszenario darstellt.

Da sich alle zugrunde liegenden Techniken noch in Forschung und Entwicklung befinden bzw. lediglich Prototypen realisiert sind, können keine Einschätzungen zu den Investitions- und Betriebskosten autonomer Betriebsdienstfahrzeuge getroffen werden.

Für den Straßenbetriebsdienst sind deutliche Potenziale in der Nutzung unbemannter Fahrzeuge zu erkennen. Es wird daher empfohlen, die Forschung und Entwicklung auf diesem Gebiet aktiv weiterzubetreiben. Schwerpunkt hierbei sollte in einer ersten Stufe die Anwendung für autonom fahrende Absperrtafeln und Vorwarneinrichtungen sein, da diese ein höheres Nutzungspotenzial bei gleichzeitig einfacherem Realisierungsaufwand erkennen lassen. Als anfänglicher Schritt erscheint die Durchführung einer Machbarkeitsstudie zur Klärung der einzelnen Fragen sinnvoll. Folgende Aspekte sollten darin primär bearbeitet werden:

- Erstellen Einsatzszenarien

Die erläuterten Ideen der Einsatzmöglichkeiten unbemannter Betriebsdienstfahrzeuge sind präzisier auszuarbeiten.

- Abschätzung Nutzungsumfang

Es ist zu ermitteln, mit welcher Häufigkeit relevante Einsätze stattfinden und welche Typen an Fahrzeugen und Geräten nötig sind. Des Weiteren sind die Randbedingungen dieser Einsätze zu untersuchen (Strecke, Witterung, Verkehr).

- Technische Konzeption und hierfür erforderlicher Entwicklungsbedarf

Die technische Realisierbarkeit autonomer Betriebsdienstfahrzeuge ist zu untersuchen, um den erforderlichen Entwicklungsbedarf herauszuarbeiten.

- Aufzeigen der rechtlichen und organisatorischen Fragestellungen

Neben der technischen Weiterentwicklung spielt auch der Abbau rechtlicher Hürden eine große Rolle.

- Kosten-Nutzen-Zusammenstellung inkl. Risiken- und Chancenbewertung.

Zur Erarbeitung von Einsatzszenarien, der Bewertung des Nutzungsumfangs und für die Zusammenstellung von Kosten, Nutzung, Chancen und Risiken ist aktiv der Betriebsdienst gefordert. Für die Einschätzung der technischen Realisierung und in jedem Fall für eine weitergehende Entwicklung sind Entwickler aus dem Bereich Fahrzeugtechnik erforderlich. Da derzeit das Nutzungspotenzial und gleichzeitig auch die Realisierungschancen aus technischer und rechtlicher Sicht noch sehr schwer abschätzbar sind, sind die erforderlichen Grundlagen durch den Betriebsdienst zu erarbeiten, bevor in einer nächsten Stufe Fahrzeug- und Gerätehersteller bzw. andere Anbieter aktiv in die weitere Entwicklung bis zur Markteinführung eingebunden werden können.

Auch in Bezug auf den Abbau der rechtlichen Hürden sollte der Straßenbetriebsdienst speziell für die geplanten Anwendungen eintreten. Es laufen zahlreiche Projekte, die sich mit der Realisierung von Fahrassistenzsystemen im Individualverkehr aus rechtlicher Sicht beschäftigen (s. Kapitel 5.4.5). Da es sich im Betriebsdienst um einen wesentlich begrenzteren Nutzerkreis handelt, sind Sondergenehmigungen leichter denkbar und sollten angeregt werden.

7 Empfehlungen zu Implementierung und Einsatz von luK-Technologien im Straßenbetriebsdienst

7.1 Generelle Empfehlungen

Auf Grundlage der Erkenntnisse, die im Rahmen der Untersuchungen zusammengetragen wurden, lassen sich folgende wesentliche Empfehlungen ableiten, wie luK-Technologien für den Straßenbetriebsdienst in der Praxis implementiert und eingesetzt werden sollten. Diese Empfehlungen berücksichtigen vor allem die Erfahrung zahlreicher Anwender, dass für die erfolgreiche Einführung neuer luK-Technologien im Straßenbetriebsdienst nicht nur die funktionierende Technik, sondern auch die umfassende Berücksichtigung der organisatorischen und betrieblichen Abläufe entscheidend ist. Weitere Anforderungen an Implementierung und Einsatz von luK-Technologien sind ausführlich in Kapitel 3 erläutert; es wird empfohlen, diese im Einzelnen ebenfalls zu berücksichtigen.

- Implementierung neuer luK-Technologien als Projekt

Wenn neue luK-Technologien eingeführt werden, sollte dies i. d. R. in Form eines Projektes erfolgen, bei dem neben der reinen Beschaffung der Technologie bzw. dem Abschluss eines entsprechenden Dienstleistungsvertrages die Integration der neuen Technologie in die betroffenen Organisationseinheiten und Geschäftsprozesse berücksichtigt wird. Es sind eine Projektstruktur und ein Projektzeitplan erforderlich, in denen diese Integration in gleicher Weise wie die technischen Aspekte der Implementierung berücksichtigt werden. Da neue luK-Technologien immer häufiger bestehende Systeme ablösen bzw. auf ihnen aufbauen, gewinnt der Migrationsprozess zunehmend an Bedeutung. Neben der Termin- und Kostenkontrolle ist die Qualitätskontrolle entscheidend für die erfolgreiche Implementierung. Diese sollte nicht nur die Überprüfung der vertraglich vereinbarten Funktionalitäten im Sinne der Abnahme beinhalten, sondern vielmehr gewährleisten, dass die ursprünglich mit der Einführung der neuen luK-Technologie verfolgten Ziele auch erreicht werden. Je nach Komplexität der neuen Technologie sind auch Testphasen, Datenübernahme etc. Teile des Projektes, so wie sie beispielsweise im

- Rahmen des Projektes „Management der Straßenbetriebsdienstdaten“ (MSD) berücksichtigt werden. Besonderer Schwerpunkt sollte auf umfassende Schulung und Support gelegt werden, wobei diese nicht nur die technische Anwendung, sondern auch funktionale und nutzungsbezogene Aspekte berücksichtigen sollte. Weiterhin ist darauf zu achten, dass Schulung und Support nicht nur bei der Implementierung, sondern ggf. auch fortlaufend während des gesamten Nutzungszeitraums zur Verfügung stehen.
- **Eindeutige Definition der Anforderungen**

Durch die Nutzer und Anwender sind die Anforderungen an eine neue luK-Technologie eindeutig zu definieren. Hierbei sollte nach unbedingt erforderlichen Funktionalitäten sowie weiteren, wünschenswerten Anforderungen differenziert werden. Zu Definition der Anforderungen kann eine Testphase, in der unterschiedliche Technologien erprobt werden, sinnvoll sein. Die Erfüllung dieser Anforderungen sollte wesentliches Kriterium für die Bewertung alternativer luK-Technologien sein, sowohl bei der Systemkonzeption als auch beim konkreten Beschaffungsvorgang.
 - **Nutzen-Kosten-Bewertung**

Bei der Implementierung neuer luK-Technologien sind bei allen Entscheidungen Nutzen und Kosten gegenüberzustellen. Hierbei ist nicht nur der unmittelbare Nutzen für die Anwender, z. B. durch die Zeitersparnis bei Arbeitsprozessen oder eine Verbesserung der Arbeitssicherheit, sondern auch der mittelbare Nutzen für Dritte, wie Verkehrsteilnehmer, durch qualitative Verbesserungen des Straßenbetriebsdienstes zu berücksichtigen. Auf der Kostenseite sind neben den unmittelbaren Beschaffungskosten auch Aufwendungen für Implementierung, Schulung, laufenden Betrieb etc. einzubeziehen. Neben den monetären Kriterien sind auch die nicht monetär bewertbaren Aspekte in die Bewertung aufzunehmen; sie können ggf. entscheidend für die Bewertung sein. Insbesondere bei der Bewertung von Beschaffungsalternativen im Rahmen der Angebotswertung sind nicht nur die unmittelbaren Investitionskosten und laufenden Kosten, sondern auch ggf. verschiedene Funktionalitäten und Qualitäten, die sich auf den Nutzen unterschiedlich auswirken, zu berücksichtigen.
 - **Anwenderfreundliche luK-Technologien**

Die luK-Technologien sollten die spezifischen Anforderungen der Anwendergruppen aus dem Straßenbetriebsdienst berücksichtigen. Eine einfache und robuste Bedienung hat vielfach größere Bedeutung als detaillierte Funktionalität. Zu beachten ist z. B. auch, dass die Anwender einzelne luK-Technologien nur selten einsetzen, sodass eine intuitive Bedienung in Anlehnung an den unterstützten Arbeitsprozess Voraussetzung ist. Daneben kann die anwenderspezifische Konfiguration der Benutzeroberfläche die Nutzung für den Anwender stark erleichtern. Hierfür bietet sich eine spezifische Konfiguration der Benutzeroberfläche an, die dann dem Anwender oder einzelnen Anwendergruppen fest zugeordnet ist, so wie es z. B. durch den DWD für die Nutzung von SWIS mit der geschlossenen Benutzergruppe umgesetzt wurde.
 - **Belange unterschiedlicher Anwendergruppen**

Gerade bei der Implementierung komplexerer luK-Technologien sind unterschiedliche Anwendergruppen aus dem Straßenbetriebsdienst einzubeziehen. Bei der Einführung ist darauf zu achten, dass möglichst frühzeitig für alle involvierten Anwendergruppen ein Nutzen aus der Implementierung ableitbar ist, indem z. B. Arbeitsabläufe und Auswertungen vereinfacht oder Datengrundlagen verbessert werden. In diesem Zusammenhang ist auch die stufenweise Implementierung vielfach sinnvoll, um in Pilotprojekten mit reduziertem Anwenderkreis die Detailkonfiguration durchzuführen, die häufig mit zusätzlichem Aufwand für die Anwender verbunden ist. Im Rahmen dieser stufenweisen Implementierung kann auf die Anforderungen der Pilotanwender besser eingegangen werden, sodass sie unmittelbar an der Entwicklung bzw. Konfiguration beteiligt sind.
 - **Integration in ein luK-Gesamtkonzept**

Im Straßenbetriebsdienst sind i. d. R. bereits zahlreiche luK-Technologien im Einsatz und es sind zukünftig unterschiedliche Anwendungen vorgesehen. Daher sollte bei der Implementierung einer neuen luK-Technologie ein luK-Gesamtkonzept als Rahmenvorgabe berücksichtigt werden, das auf die spezifischen Anforderungen und Randbedingungen der jeweiligen Organisation, z. B. einer Straßenbauverwaltung, eingeht. Von Seiten der Anwender ist hierbei von beson-

derer Bedeutung, dass auch bei mobilen Anwendungen unterschiedliche Systeme auf dem gleichen Endgerät laufen können und dass Menüführung und Bedieneroberflächen gleichartig aufgebaut sind.

- Modularer Aufbau

Um für unterschiedliche Anwendungen gleiche Endgeräte und Kommunikationsverbindungen nutzen zu können sowie um gleichartige Bedieneroberflächen anbieten zu können, ist ein modularer Aufbau der gesamten IuK-Technologie für den Straßenbetriebsdienst, aber auch der einzelnen Komponenten sinnvoll. Hierdurch soll unterstützt werden, dass Komponenten unterschiedlicher Anbieter parallel eingesetzt werden können, damit keine Systemabhängigkeit von einzelnen Anbietern entsteht. Wichtig für den modularen Aufbau ist die eindeutige Definition der Schnittstellen, so wie sie beispielsweise im Rahmen der europäischen Normung erfolgt. Es wird daher empfohlen, dass neben den Anbietern, die über das entsprechende technische Know-how verfügen, auch die Anwender aus dem Straßenbetriebsdienst bei der Schnittstellendefinition eingebunden sind.

- Schwerpunkt mobile Anwendungen

Immer größere Bedeutung gewinnt die Integration des gesamten Arbeits- und Organisationsprozesses, sodass für den Straßenbetriebsdienst mobile Anwendungen bei IuK-Technologien Schwerpunkt sein werden. Die hierfür erforderlichen Geräte und Anwendungen müssen den spezifischen Anforderungen des Außeneinsatzes gerecht werden. Robustheit und Leistungsfähigkeit stehen daher bei IuK-Technologien für mobile Anwendungen im Vordergrund, um eine einfache und stabile Nutzung zu gewährleisten.

- Datenhoheit beim Anwender

Zunehmend werden IuK-Technologien nicht nur auf den Rechnern der Anwender installiert, sondern bleiben zumindest teilweise auf Servern der Anbieter. Hiermit kann eine Reihe von Vorteilen, insbesondere im Bereich Datenkommunikation und Support verbunden sein. Bei diesen Anwendungen steht dann die Bereitstellung der vereinbarten Funktionalität im Vordergrund. Im Rahmen der hierfür erforderlichen Dienstleistungsverträge ist von Anwenderseite besonde-

res Augenmerk darauf zu legen, dass die Datenhoheit und damit alle Nutzungsrechte an den Daten beim Anwender bleiben. So kann gewährleistet werden, dass der Anwender die Daten auch für weitere Anwendungen, ggf. anderer Anbieter, nutzen kann und dass die Daten auch bei Ausfall des Anbieters verfügbar sind. Darüber hinaus wird empfohlen, im Rahmen der Dienstleistungsverträge die Bestimmungen zum Datenschutz, insbesondere wenn personenbezogene Daten verarbeitet werden, sowie zur Datensicherheit ausführlich zu regeln.

7.2 Empfehlungen zur Anwendung spezifischer IuK-Technologien

Bild 49 zeigt eine Übersicht über die IuK-Technologien, welche zur Optimierung des Betriebsdienstmanagements empfohlen werden. Das Bild stellt die verschiedenen Arbeitsfelder in einem Meistereibezirk und deren Unterstützung durch IuK-Technologien sowie die Kooperationen mit externen Institutionen, Diensten und den Verkehrsteilnehmern grafisch dar. Dieses Gesamtkonzept soll beispielhaft aufzeigen, wie die einzelnen Technologien in den Betriebsdienst integriert werden können. Im jeweiligen Einzelfall können abweichende Strukturen vorliegen, sodass zum Teil besondere Randbedingungen und Voraussetzungen zu berücksichtigen sind, um einen anforderungsgerechten und effizienten Einsatz zu ermöglichen.

Im Nachfolgenden sind die empfohlenen IuK-Technologien kurz zusammengefasst. Schwerpunkt sind hierbei die IuK-Technologien, die bereits vereinzelt durch den Straßenbetriebsdienst genutzt werden oder die unmittelbar für eine Anwendung im Straßenbetriebsdienst zur Verfügung stehen. Weitergehende Erläuterungen zu diesen IuK-Technologien sowie detaillierte Empfehlungen zu ihren Einsatzmöglichkeiten enthalten Kapitel 4, 5 und 6. Weitere in Bild 49 dargestellte Technologien, welche noch nicht unmittelbar für den Betriebsdienst implementiert werden können, jedoch große Potenziale erkennen lassen, sind in Kapitel 7.3 zusammengestellt.

- Mobile Sprachkommunikation

Es wird empfohlen, bei Auslaufen des Analogfunks den Einsatz des kommerziellen Mobilfunks für die mobile Sprachkommunikation im Straßenbetriebsdienst verstärkt in Betracht zu ziehen, da dieser weitaus kostengünstiger als der

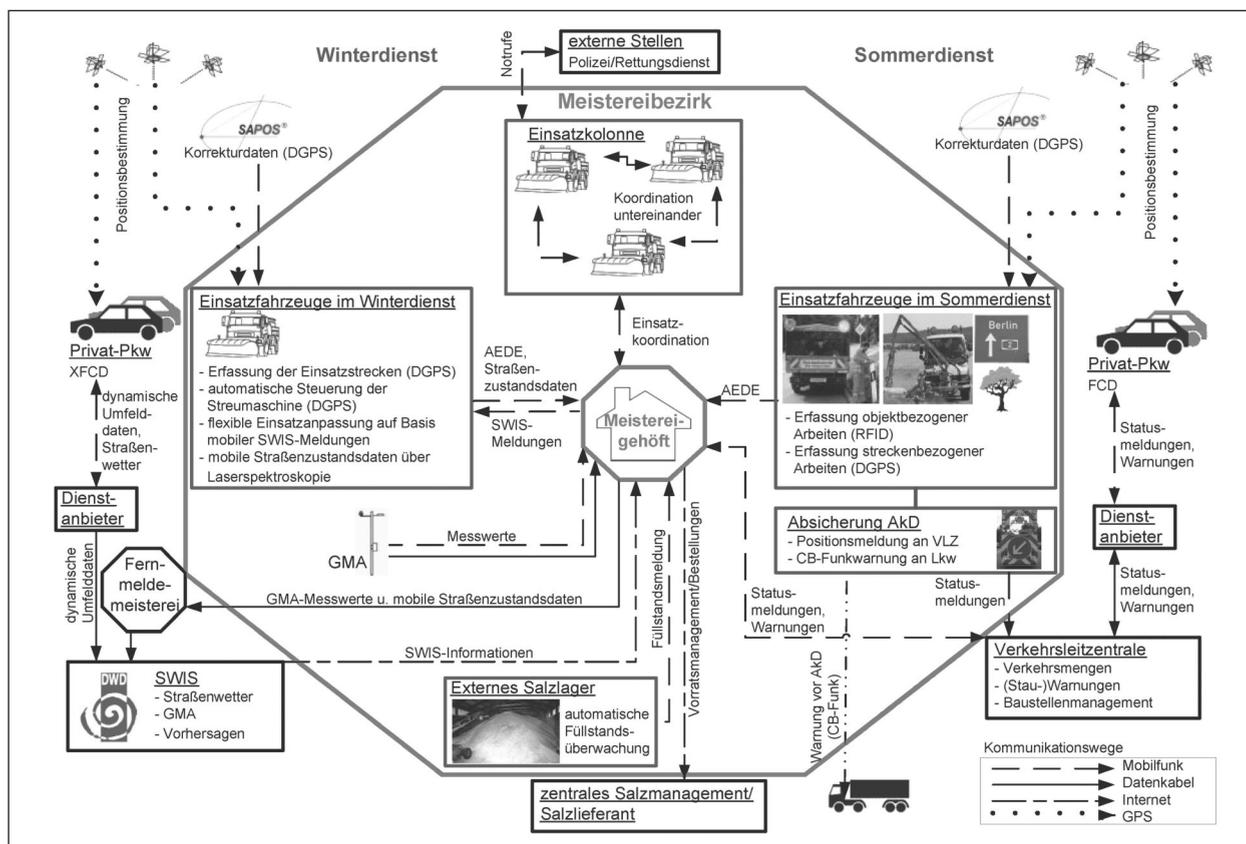


Bild 49: Übersicht über den Einsatz von luk-Technologien im Straßenbetriebsdienst

Aufbau und Betrieb eigenständiger Digitalfunknetze ist. Leistungsfähigkeit und Verfügbarkeit des Mobilfunks sind im Regelbetrieb vergleichbar. Bei hohen Netzauslastungen sind Bevorzugungen für den Straßenbetriebsdienst möglich. Um die Empfangsqualität zu optimieren, sollten im Vorfeld Erreichbarkeitsanalysen im gesamten Straßennetz durchgeführt werden. Weiterhin sollte gezielt die Entwicklung anwenderspezifischer Endgeräte vorangetrieben werden, die den für den Straßenbetriebsdienst zweckmäßigen Funktionsumfang ermöglichen. Hierzu zählt vor allem die einfache Abwicklung von Konferenzschaltungen, die eine ähnliche Funktionalität wie Gruppenruf und Mithören im Betriebsfunk anbieten. Anforderungen aus der mobilen Datenkommunikation an die Endgeräte sind i. d. R. sekundär, da diese meist über die für die mobilen Anwendungen genutzten Mobilgeräte, z. B. die Bediengeräte für die Automatisierte Einsatzdatenerfassung (AEDE), direkt abgewickelt wird.

- Automatisierte Einsatzdatenerfassung (AEDE)

Die AEDE ist die wichtigste Anwendung für die effiziente und wirtschaftliche Steuerung im Stra-

ßenbetriebsdienst. Die automatisch erfassten Einsatzdaten können in unterschiedlichen Anwendungen genutzt werden; hierfür ist eine möglichst realitätsgetreue Erfassung zweckmäßig. Weitergehende Datenzuordnungen, Vereinfachungen etc. sollten erst im Rahmen der einzelnen Fachanwendungen erfolgen. Wesentliche Grundlage der AEDE sind umfassende und aktuelle Bestandsdaten, sodass deren Erfassung und fortlaufende Pflege besondere Bedeutung haben. Daneben sind zielgerichtete und effiziente Auswertungsmöglichkeiten, z. B. durch automatisierte Datenübertragung und automatisch generierte Berichte, ebenfalls von großer Bedeutung, um Verwaltungsabläufe durch die AEDE zu vereinfachen.

- Online-Übertragung

Die fortlaufende Online-Übertragung von Daten mobiler Anwendungen in eine Meisterei oder Betriebszentrale ist immer dann von großer Bedeutung, wenn auf ihrer Grundlage steuernd in einzelne Arbeitsprozesse eingegriffen wird, wie es z. B. für eine flexible Einsatzsteuerung im Winterdienst erforderlich ist. Daneben bietet die Online-Übertragung aber auch den Vorteil, dass

Gefahrensituationen für Fahrer und Fahrzeug schneller erkannt werden können und dement-sprechende Hilfs- und Rettungsmaßnahmen eingeleitet werden können. Die kabellose, weitgehend automatisierte Übertragung von Daten zwischen mobilem Bediengerät und stationär installierten Anwendungen, so wie sie bei der Online-Übertragung möglich ist, bietet generell Vorteile in der Praxis des Betriebsdienstes, da sie weitaus einfacher im Handling ist als die Übertragung über Kabel, Speicherkarten etc. Aus Gründen des Datenschutzes kann diese Übertragung auch zeitverzögert erfolgen oder es werden lokale kabellose Netzwerke (WLAN) zur Übertragung genutzt.

- Berührungslose Sensoren für Glättemeldanlagen (GMA)

Der Einsatz berührungsloser Sensoren zur Erfassung von Fahrbahntemperatur und -zustand hat den Vorteil, dass die Sensoren bei der Erneuerung des Fahrbahnbelages nicht zerstört werden und dass GMA flexibel an unterschiedlichen Standorten zum Einsatz kommen können. Da die Qualität der von ihnen erfassten Informationen mit der Datenqualität fest installierter Sensoren vielfach vergleichbar ist, kann ihr Einsatz auf Streckenabschnitten mit schlechtem Fahrbahnzustand oder bei nicht eindeutig festzulegenden Standorten eine sinnvolle und wirtschaftliche Alternative zu fest installierter Sensorik sein. Ihr konkreter Einsatz sollte daher im Rahmen von Nutzen-Kosten-Betrachtungen berücksichtigt werden.

- Personenwarnsysteme über CB-Funk

Der Einsatz dieser Personenwarnsysteme kann einen entscheidenden Beitrag zur Steigerung der Verkehrs- bzw. Arbeitssicherheit bei Arbeiten im Verkehrsraum leisten, sodass diese LuK-Technologie grundsätzlich zu empfehlen ist. Allerdings ist die Frage offen, inwieweit über den CB-Funk auch in Zukunft die Lkw-Fahrer umfassend erreicht werden können. Eine weitere Verbesserung kann erreicht werden, wenn über andere Kommunikationswege, z. B. TMC oder Mobilfunk, auch andere Verkehrsteilnehmer über Arbeitsstellen im Verkehrsraum informiert werden können. Daher wird empfohlen, möglichst kurzfristig alternative Übertragungswege für die Informationsübermittlung an die Verkehrsteilnehmer zu untersuchen (s. Kapitel 7.3).

- Verkehrsmanagement bei Arbeiten im Verkehrsraum

Insbesondere auf den hoch belasteten Autobahnen kommt der flexiblen Einsatzsteuerung eine immer höhere Bedeutung zu. Die alleinige Berücksichtigung der AkD im Rahmen der Baustellenmanagementsysteme, die vor allem für die Abwicklung der stationär eingerichteten Baustellen entwickelt wurden, erscheint hierbei nicht ausreichend. Daher wird empfohlen, den Meistereien umfassende Daten zur aktuellen und prognostizierten Verkehrsbelastung zur Verfügung zu stellen, so wie sie in den Verkehrsleitzentralen verfügbar sind. Dies sollte auch die Bilder von fest installierten WebCams beinhalten, da diese einen sehr schnellen Überblick über den aktuellen Strecken- und Verkehrszustand ermöglichen. Daneben sind für die optimierte Verkehrssteuerung durch die Verkehrsleitzentralen auch umfassende und aktuelle Informationen über die Arbeitsstellen im Verkehrsraum von großer Bedeutung, wie sie beispielsweise in Hessen mit dem System DORA erfasst werden.

- Unterstützung für die Fahrer der Winterdienstfahrzeuge

Eine weitere Optimierung der Winterdienstesätze kann durch die bessere Anpassung der Einsatzparameter an Fahrbahnzustand, -querschnitt und Verkehrsverhältnisse erfolgen. Auch eine flexiblere Touren- und Routenvorgabe kann Qualität und Effizienz der Winterdienstesätze weiter steigern. Hierfür ist es aber erforderlich, den Fahrer mit Informationen und Einsatzvorgaben stärker zu unterstützen, damit sich dieser auf die Verkehrssituation konzentrieren kann. Daher wird empfohlen, Systeme zur Information und Unterstützung des Fahrers, wie die automatische Anpassung von Streubreite und Streubild, verstärkt einzusetzen. Auch die automatische Anpassung der Streudichte an die Fahrbahntemperatur kann in diesem Zusammenhang sinnvoll sein, wobei jedoch zu berücksichtigen ist, dass die aktuell gemessene Fahrbahntemperatur insbesondere bei Präventiveinsätzen nicht allein entscheidend für die erforderliche Streudichte ist, sondern dass weitere Einflussgrößen, wie die Prognose von Fahrbahnzustand und -temperatur, die Wetterprognose, die Verkehrssituation sowie die Einsatzstrategie einfließen sollten. Die LuK-Technologien sollen den

Fahrer, der für den Winterdienstseinsatz verantwortlich ist, möglichst weitreichend unterstützen. Allerdings sind immer entsprechende manuelle Eingriffsmöglichkeiten durch den Fahrer vorzusehen, da er für den Winterdienstseinsatz vor Ort verantwortlich ist.

- Objektidentifikation mit RFID

Durch den Einsatz von RFID-Chips besteht die Möglichkeit, Objekte schnell und einfach zu identifizieren. Für den Straßenbetriebsdienst bietet diese IuK-Technologie vor allem bei der Erfassung der zahlreichen Bäume und Ausstattungsobjekte eine einfache und schnelle Identifikationsmöglichkeit. Es wird empfohlen, passive, nicht beschreibbare Chips, die kostengünstiger sind, zu verwenden, da bei diesen das Lesegerät, z. B. bei Kontrollen, nur einen sehr geringen Abstand zum Chip haben darf, sodass das Auslesen des Chips auch die unmittelbare Kontrolle vor Ort dokumentiert. Es wird empfohlen, die RFID-Technologie insbesondere im Rahmen des Bestandsdatenmanagements als eine Option für die Objektidentifikation zu berücksichtigen. Darüber hinaus kann es weitere sinnvolle Anwendungen für den Einsatz der RFID-Chips auf dem Meistereigehöft zur einfachen Identifikation von Werkzeugen, Arbeitsgeräten, Lagerbeständen etc. geben, wie sie bereits in anderen Branchen zum Einsatz kommen.

- Salzmanagement

Die optimierte Bevorratung und Nutzung der Streustoffe im Winterdienst gewinnen zunehmend an Bedeutung. Diese können z. B. durch die meistereiübergreifende Nutzung, die Nutzung von Salzlagern durch verschiedene Baulastträger, auch Kommunen, sowie die Nutzung durch Fremdunternehmer erreicht werden, sodass insgesamt die Lagerkapazitäten und die erforderliche Infrastruktur optimal genutzt werden können. Insbesondere bei nicht ständig besetzten Lagerstandorten stehen im Rahmen des Salzmanagements vor allem die Überwachung der Zugangsberechtigung, die eindeutige Identifikation sowie die automatische Erfassung der Entnahmemengen im Vordergrund. Daneben kann bei Lieferengpässen die übergeordnete Logistik der Nachlieferungen durch ein zentrales Informationssystem zu den aktuellen Lagerbeständen erleichtert werden. Die automatische Auslösung von Bestellungen und damit die Inte-

gration der Lieferanten in das Salzmanagement sind eher sekundär. Schwerpunkt des Salzmanagements sollte auf die Verwaltung des Trockensalzes gelegt werden, da dies ggf. auch ohne Sole ausgebracht werden kann, allerdings sollte die Verwaltung der Solebestände nach Möglichkeit berücksichtigt werden.

7.3 Empfehlungen zur weiteren Forschung und Entwicklung

Abschließend werden basierend auf den Erläuterungen und Bewertungen in den Kapiteln 4 bis 6 für die drei Anwendungsfelder, die große Potenziale für den Straßenbetriebsdienst erkennen lassen, die Empfehlungen zur weiteren Forschung und Entwicklung zusammengefasst. Eine vergleichende Bewertung dieser Forschungs- und Entwicklungsansätze ist nur schwer möglich, da sie sowohl unterschiedliche Nutzungspotenziale erkennen lassen als auch verschiedene Entwicklungsschritte für die weitere Realisierung erfordern. Daher wird empfohlen, alle Anwendungsfelder, wie nachfolgend erläutert, schrittweise weiter zu analysieren und konzeptionell weiter zu entwickeln.

- Mobile Erfassung des Straßenzustandes für den Winterdienst

Die mobile Erfassung des Straßenzustandes bietet die Möglichkeit, netzweite Daten zu Fahrbahntemperatur und -zustand für die verbesserte Prognose und Einsatzsteuerung heranzuziehen. Hierbei können zum einen ähnlich wie bei der Thermalkartierung Temperatur- und Zustandsprofile erstellt werden, um ausgehend von den Messdaten auf Temperatur und Fahrbahnzustand im gesamten Netz zu schließen. Zum anderen aber können aktuell erhobene Daten den aktuellen Zustand im Netz dynamisch widerspiegeln, was sicherlich von größerer Bedeutung für den Winterdienst ist. Möglich ist sowohl die Nutzung der Daten der Winterdienstfahrzeuge als auch von Daten aus Fahrzeugen des Individualverkehrs (XFCD), wobei nur durch XFCD aktuelle Daten dynamisch für die vorbeugende Überwachung des Streckenzustandes und die Einsatzplanung für Präventiveinsätze zur Verfügung stehen.

Von Seiten des Straßenbetriebsdienstes wird empfohlen, in einer nächsten Stufe ein umfassendes Nutzungskonzept für diese Daten aufzu-

stellen, in dem u. a. mögliche Auswirkungen solcher Daten auf die Einsatzplanung und Kontrollfahrten in der Praxis simuliert werden. Erst hieraus lässt sich ableiten, welche Anforderungen hinsichtlich Genauigkeit, Erhebungshäufigkeit, Ausstattungsgrad der Fahrzeuge, Übertragungsfrequenz etc. an mobil erhobene Daten gestellt werden müssen.

Für die Nutzung der XCD ist davon auszugehen, dass die Messverfahren und Berechnungsalgorithmen durch die Automobilindustrie weiter vorangetrieben werden. Wenn die Anforderungen an die erhobenen Daten für die Nutzung im Winterdienst präzisiert sind, können in Zusammenarbeit mit der Automobilindustrie mögliche Übertragungswege und Zugriffsmöglichkeiten für die relevanten Daten und die damit verbundenen technischen, rechtlichen und wirtschaftlichen Aspekte weiter untersucht werden.

Für die Nutzung der in den Winterdienstfahrzeugen gewonnenen Daten sollte basierend auf den Ergebnissen des Nutzungskonzeptes in Kooperation mit Anbietern der Geräte- und Messtechnik ein Prototyp entwickelt werden, mit dem die mobil in Winterdienstfahrzeugen gewonnenen Messdaten für die Winterdienstplanung und -steuerung genutzt werden.

- Warnung der Verkehrsteilnehmer vor Arbeitsstellen im Verkehrsraum

Ziel der weiteren Entwicklung sind alternative Kommunikationswege zur Übermittlung der Warnmeldungen bei AkD im Verkehrsraum, um unabhängig vom CB-Funk möglichst viele Verkehrsteilnehmer ansprechen zu können. Grundlage kann die Nutzung der zentral im Rahmen des Baustelleninformationssystems erfassten Positionsdaten von Absperranhängern im Verkehrsraum sein. Es wird empfohlen, in einer ersten Stufe zu analysieren, ob diese Daten über andere Kommunikationswege, wie TMC, dynamische Navigationssysteme oder Mobilfunk, an die Verkehrsteilnehmer zielgerichtet übermittelt werden können und in welchem Umfang diese Kommunikationswege durch die Verkehrsteilnehmer auch genutzt werden. Hierbei sollte die Übertragung an die Lkw im Vordergrund stehen, da diese überproportional an Unfällen mit Absperranhängern beteiligt sind. Parallel ist die Zuverlässigkeit der erfassten Informationen zur Position der Absperranhänger im Verkehrsraum

auszuwerten. Ggf. kann diese durch den Einsatz des Differential-GPS für eine fahstreifenbezogene Positionierung ausreichend gesteigert werden, da hiermit die Position im Querschnitt nicht nur indirekt aufgrund des geschalteten Blinklichtes, sondern direkt erfasst werden kann. Wenn alternative Kommunikationswege identifiziert werden können, kann für ihre konkrete Umsetzung eine Konzeption mit den involvierten Stellen, wie Straßenbauverwaltung, Systemanbieter für die Positionserfassung, Betreiber des Kommunikationsweges und Anbietern der Endgeräte, erarbeitet werden.

- Autonomes Fahren zur Reduktion der Gefährdung des Personals im Verkehrsraum

Da die autonome Bewegung von Fahrzeugen in Pilotanwendungen bereits realisiert werden konnte und der beste Unfallschutz durch Verzicht auf die Mitarbeiter in den besonders gefährdeten Zugfahrzeugen der Absperr- und Vorwarnanhänger erreicht werden kann, wird empfohlen, diese Entwicklung für den Straßenbetriebsdienst in Zusammenarbeit mit Experten für Regelungstechnik und Fahrzeugsteuerung aktiv voranzutreiben. In einer ersten Stufe ist die weitere Konzeption im Rahmen einer Machbarkeitsstudie sinnvoll, in der neben den technischen Aspekten der Realisierung vor allem auch die Nutzungspotenziale bzgl. Unfallvermeidung und Reduktion des Personaleinsatzes in AkD quantifiziert werden. Daneben sind rechtliche und organisatorische Aspekte zu untersuchen sowie mögliche Kosten für ein mögliches System abzuschätzen, um fundierte Empfehlungen zur weiteren Entwicklung geben zu können. Hierauf aufbauend kann dann die konkrete Entwicklung eines Prototypen erfolgen, mit dem die prinzipielle und sichere Realisierbarkeit nachgewiesen werden kann; diese sollte aktiv durch den Straßenbetriebsdienst unterstützt werden. Erst wenn hierauf aufbauend auch bestehende juristische Bedenken ausgeräumt sind, ist eine aktive Beteiligung der Fahrzeug- und Gerätehersteller in der weiteren Entwicklung bis zur Marktreife zu erwarten.

Eine weitere Entwicklung mit noch größerem Potenzial für den Straßenbetriebsdienst ist die vollständige Automatisierung von Arbeiten im Verkehrsraum, wie Grasmahd oder Reinigungsarbeiten. Es wird jedoch empfohlen, die Entwicklungen in anderen Branchen, wie der Land-

wirtschaft, abzuwarten, da hier in mehreren Projekten der Einsatz von Feldrobotern mit ähnlichen Aufgaben wie im Straßenbetriebsdienst weiter entwickelt wird, sowie auf den Erfahrungen zur autonomen Steuerung von Absperr- und Vorwarneinrichtungen aufzubauen.

8 Zusammenfassung und Ausblick

Für den Straßenbetriebsdienst in Deutschland werden Informations- und Kommunikationstechnologien (IuK-Technologien) in vielfältiger Weise eingesetzt. Aus einer Umfrage bei den Straßenbauverwaltungen der Länder wird deutlich, dass sich die eingesetzten Technologien sowohl in ihrer Art als auch im Umfang häufig unterscheiden, was u. a. auf unterschiedliche organisatorische Randbedingungen zurückzuführen ist. Für die Sprachkommunikation wird neben dem analogen Betriebsfunk auch der Mobilfunk verbreitet eingesetzt. Die automatisierte Einsatzdatenerfassung als wichtige Grundlage für die Kosten- und Leistungsrechnung und damit für die wirtschaftlichkeitsorientierte Steuerung insgesamt ist bisher nur in wenigen Bundesländern umgesetzt. Ihre Einführung ist jedoch ebenso wie ein umfassendes Bestandsdatenmanagement in vielen Bundesländern in nächster Zeit geplant. Für den Winterdienst stehen an den Bundesautobahnen flächendeckend Glättemeldeanlagen (GMA) zur Verfügung, das nachgeordnete Netz ist hiermit jedoch nur in geringem Umfang ausgestattet. Die SWIS-Vorhersagen zu Witterung und Straßenzustand des Deutschen Wetterdienstes werden sehr weitreichend genutzt. Weitere Bereiche, in denen IuK-Technologien im Straßenbetriebsdienst zum Einsatz kommen, sind u. a. die Arbeitsplanung, Baustelleninformationssysteme, Personenwarnsysteme zum Schutz der Mitarbeiter bei Arbeiten im Verkehrsraum sowie ein Salzmanagement zur Bewirtschaftung der Streustofflager.

Zusammenfassend wird empfohlen, folgende IuK-Technologien verstärkt für den Straßenbetriebsdienst einzusetzen:

- Berücksichtigung der Nutzung des kommerziellen Mobilfunks bei Auslaufen des Analogfunks neben dem Aufbau eigenständiger Digitalfunknetze.
- Automatisierte Einsatzdatenerfassung als Basis der wirtschaftlichen Steuerung im Straßenbe-

triebsdienst, wobei eine automatisierte Datenübertragung anzustreben ist.

- Umfassendes Bestandsdatenmanagement als weitere Grundlage der wirtschaftlichen Steuerung, wobei Bestandsobjekte schnell und einfach mit Hilfe von RFID-Chips identifiziert werden können.
- Berührungslose Sensoren für die Erfassung von Fahrbahntemperatur und -zustand im Winterdienst, da diese bei Deckenerneuerungen nicht zerstört werden, flexibel an unterschiedlichen Standorten eingesetzt werden können und ihre Datenqualität mit der von fest installierten Glättemeldeanlagen vergleichbar ist.
- Salzmanagementsysteme, um Streustoffvorräte an nicht besetzten Standorten zu überwachen, die Bevorratung zu optimieren und eine übergeordnete Logistik bei Lieferengpässen zu ermöglichen.
- Systeme zur Unterstützung der Fahrer von Winterdienstfahrzeugen, durch die Einsatzparameter, wie Streudichte, -breite und -bild, besser dem Fahrbahnzustand und -querschnitt sowie der Verkehrssituation angepasst werden können und die eine flexiblere Routenzuordnung im Winterdienst ermöglichen.
- Personenwarnsysteme zum Schutz von Mitarbeitern im Verkehrsraum, durch die die Verkehrsteilnehmer umfassend vor Arbeitsstellen kürzerer Dauer gewarnt werden können, sodass Kollisionen mit den Fahrzeugen des Straßenbetriebsdienstes vermieden werden können.
- Verkehrsmanagement durch flexible Einsatzsteuerung bei Arbeiten im Verkehrsraum, wofür die Verkehrsleitzentralen aktuelle Daten zu den Arbeitsstellen kürzerer Dauer und die Meistereien Informationen zur aktuellen und prognostizierten Verkehrslage benötigen.

Damit diese und auch die bereits etablierten IuK-Technologien erfolgreich eingeführt und betrieben werden können, ist neben Funktionalität und Qualität der technischen Komponenten auch die Berücksichtigung der organisatorischen und betrieblichen Abläufe im Straßenbetriebsdienst von großer Bedeutung. Für die Implementierung ist je nach Umfang eine entsprechende Projektorganisation mit eindeutiger Definition von Anforderungen und Zielen zu empfehlen. Für Entscheidungen zur Einfüh-

rung neuer IuK-Technologien sollten Nutzen und Kosten objektiv gegenübergestellt werden.

Um Insellösungen zu vermeiden, sollten neue Technologien in ein IuK-Gesamtkonzept integriert sein. Es empfiehlt sich ein modularer Aufbau, durch den zum einen Komponenten unterschiedlicher Anbieter zum Einsatz kommen können und zum anderen einheitliche Endgeräte, Bedieneroberflächen und Kommunikationsverbindungen genutzt werden können. Die IuK-Technologien müssen den spezifischen Anforderungen im Straßenbetriebsdienst gerecht werden, wozu neben einer intuitiven Bedienung robuste und leistungsfähige Endgeräte, gerade bei mobilen Anwendungen, gehören.

Neben der herkömmlichen Beschaffung von IuK-Technologien kann auch die Nutzung bereitgestellter Funktionalität im Rahmen von Dienstleistungsverträgen zweckmäßig sein. Hierbei sind Nutzungsrechte, Datenhoheit, Datensicherheit und Datenschutz ausführlich zu regeln.

Im Rahmen des FE-Projektes wurden nicht nur die bereits heute für den Straßenbetriebsdienst verfügbaren IuK-Technologien untersucht und Anforderungen an ihren Einsatz zusammengestellt, sondern es wurden auch neue und innovative Technologien analysiert, die große Potenziale für den Straßenbetriebsdienst erkennen lassen. Hierbei hat sich gezeigt, dass ein umfassender Forschungs- und Entwicklungsbedarf besteht, um diese Technologien effizient im Straßenbetriebsdienst einzusetzen sowie ihren Nutzen umfassend bewerten zu können. Es wird daher empfohlen, nachfolgende Anwendungsfelder weiter zu entwickeln und zu analysieren:

- Mobile Erfassung des Straßenzustandes für den Winterdienst, um netzweite Daten für die Prognose und Einsatzsteuerung zur Verfügung zu haben. Hierfür können neben den Winterdienstfahrzeugen selbst auch die Fahrzeuge des Individualverkehrs einbezogen werden. Erforderlich sind ein umfassendes Nutzungskonzept, hierauf aufbauend Anforderungen an die Daten und ihre Erfassung sowie dann entsprechende Prototypen, mit denen die Daten erfasst und genutzt werden können.
- Warnung der Verkehrsteilnehmer vor Arbeitsstellen im Verkehrsraum über alternative Kommunikationswege, wofür die bereits heute verfügbaren Positionsdaten von Absperranhängern im Verkehrsraum genutzt werden können. Hier-

mit können auf einfache Weise alle Verkehrsteilnehmer unabhängig vom CB-Funk erreicht werden, was unmittelbar der Sicherheit von Verkehrsteilnehmern und Mitarbeitern des Straßenbetriebsdienstes zugute kommt.

- Autonomes Fahren von Absperr- und Vorwarnanhängern, durch das die Gefährdung des Personals im Verkehrsraum erheblich reduziert werden kann, da diese Fahrzeuge auch bei beweglichen Arbeitsstellen nicht mehr besetzt sind. Hierfür sind die erfolgreichen Pilotprojekte im Bereich autonome Bewegung von Fahrzeugen auf die Anforderungen des Straßenbetriebsdienstes zu übertragen. Neben den technischen Aspekten sind auch rechtliche, organisatorische und wirtschaftliche Fragestellungen für eine erfolgreiche Umsetzung zu untersuchen.

Diese drei vorgenannten Anwendungsfelder lassen erkennen, dass beim Einsatz von IuK-Technologien nicht nur bestehende Anforderungen des Straßenbetriebsdienstes zu berücksichtigen sind, sondern dass sich durch innovative Technologien auch neue Potenziale für den Straßenbetriebsdienst ergeben. Allerdings sind für eine erfolgreiche Entwicklung und Implementierung die Rahmenbedingungen des Straßenbetriebsdienstes zu berücksichtigen, so dass die notwendigen Forschungs- und Entwicklungsschritte aktiv von Seiten des Straßenbetriebsdienstes unterstützt und vorangetrieben werden sollten.

9 Interviewpartner

Folgende Ansprechpartner standen im Rahmen des FE-Projektes für Interviews und Auskünfte zur Verfügung:

- Autobahndirektion Nordbayern; Sven Erhardt, Abteilungsleiter Betrieb, Verkehr; Thomas Zeh; Bereich Telematik, Elektrotechnik, Nachrichtentechnik, Tunneltechnik; Andreas Beck; Walter Jäger; Sachgebiet Elektrotechnik, Sensorik, Glättemelde- und Zutrittskontrollanlagen; Nürnberg;
- Autobahnmeisterei Rheinberg; Arne Müller; Meistereileiter; Thomas Derrix; Stellvertretender Leiter; Rheinberg;
- Autobahnmeisterei Rottweil; Hans-Dieter Wölk; Meistereileiter; Rottweil;

- BMW AG; Georg Obert; Traffic Technologies; München;
- Bundesanstalt für Straßenwesen; Christine Lotz; Referat Kooperative Verkehrs- und Fahrerassistenzsysteme; Bergisch Gladbach;
- Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung; Annette Kraus; Referatsleitung StB 16; Bernhard Ress; Referat; StB 16, Kerstin Röbig; Referat StB 16; Bonn;
- B&E Nachrichtentechnik GmbH; Peter Glück; Beratung/Vertrieb; Nürnberg;
- CLAAS Agrosystems GmbH & Co. KG; Klaus-Herbert Rolf; Leiter Marketing; Gütersloh;
- Deutscher Wetterdienst; Thomas Endrualt; Beauftragter für Landverkehr; Geschäftsbereich Wettervorhersage; Leipzig;
- Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt; Rene Kelpin; Köln;
- Funkwerk Eurotelematik GmbH; Marc Gerlach; Geschäftsführer; Ulm;
- Kern AG; Timo Krockner; Vertrieb Kern Activity; Patrick Obergföll; fachlicher Leiter; Freiburg;
- Götting KG; H.-H. Götting; Vertretungsberechtigter Gesellschafter; Lehrte;
- Institut für Kraftfahrzeuge der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen; Thomas Hüsemann; Geschäftsbereichsleiter Fahrwerk; Aachen;
- Institut für Regelungstechnik der Universität Braunschweig; Markus Maurer; Institutsleiter; Jörn Marten Wille; Institutsmitarbeiter; Braunschweig;
- KS-Consulting; Karl E. Schedler; Inhaber KS-Consulting; Oberstdorf;
- Landesamt für Bau und Verkehr Thüringen; Hr. Schönefeld; Stellvertretender Leiter Dezernat 24; Hr. Prüfer; Leiter Sachgebiet 21; Nannett Schnebel; Leiterin Dezernat 42; Erfurt;
- Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg; Harald Oser; Team SAPOS; Karlsruhe;
- Landesbetrieb Straßen, Brücken und Gewässer; Gabriele Birke; FB-Leitung Bundesfernstraßen; Herr Schamper; Leiter Autobahnmeisterei Othmarschen; Hamburg;
- Landesstelle für Straßentechnik Baden-Württemberg; Thomas Voit; Leiter Referat 92; Georg Moser; Stellvertreter Referat 92; Stefan Wilde; Referat 92 Bereich Nachrichtentechnik; Stuttgart;
- Leica Geosystems GmbH Vertrieb; Vertriebsmitarbeiter; München;
- G. Luft; Mess- und Regeltechnik GmbH; Martin Flaig; Hotline Team; Fellbach;
- Mobiworx Telematik GmbH; Jürgen Potocnik; Geschäftsführer; Raubling;
- Ordnungsamt Borsdorf; Markus Planert; Leiter Bürgerservice und Bauverwaltung; Andreas Burkhad; Leistungsbereich Ordnung und Sicherheit; Borsdorf;
- Regierungspräsidium Freiburg; Gero Morlock; Leiter Straßenbetrieb im RP Freiburg; Rottweil;
- Regionalniederlassung Köln-Deutz Rhein-Berg; Bernd Bartelt; Abteilungsleiter Straßenbetrieb; Köln-Deutz;
- Stadtwerke Krumbach; Dietmar Müller; Werkleiter; Krumbach;
- Straßenmeisterei Biberach; Heinrich Reich; Meistereileiter; Biberach;
- Straßenmeisterei Herscheid; Hans-Peter Lüsebrink; Meistereileiter; Herscheid;
- Thüringer Straßenwartungs- und Instandhaltungsgesellschaft mbH; Frank Höhne; Geschäftsführer; Apfelstätt;
- Traffic Information and Management GmbH; Benjamin Kolbe; Dieburg;
- TRIGIS Geo Services GmbH; Rene Burth; Korbußen;
- Trimble GmbH; Vertriebsmitarbeiter; Raunheim;
- Vaisala GmbH; Leif Dahlgreen; Vertriebsleiter WCO RDS; Office Hamburg; Hamburg;
- Verband der Automobilindustrie e. V.; Ralf Scheibach; Leiter Abteilung Recht und Versicherungen; Berlin;

- Via Solutions Thüringen GmbH & Co. KG; Alexander Neumann; Geschäftsführer; Armin Berger; Leiter Betrieb/Erhaltung; Alexander Maul; Stellvertretender Leiter Betrieb/ Erhaltung; Herr Riede; Leiter der Meisterei Eisenach; Eisenach
- Vodafone D2 GmbH; Heiner Jung; Key Account Manager; Düsseldorf

Literatur

- ADAC – Allgemeiner Deutscher Automobil-Club e. V.: Test Fahrassistenzsysteme. Die Technik. Auf den Seiten von: ADAC URL:<http://www1.adac.de/Tests/fahrerassistenzsysteme/acc/technik/technik.asp?ComponentID=245262&SourcePa gelID=245214>; abgerufen am: 26.05.2010 (a)
- ADAC – Allgemeiner Deutscher Automobil-Club e. V.: Fahrassistenzsysteme (FAS) für mehr Lkw-Sicherheit. ADAC – Zur Sache, München 2010 (b)
- Ad-hoc-Fachgruppe Straßenbetrieb: Maßnahmenkatalog Straßenbetriebsdienst MK 1. Umsetzung der Steuerung des Straßenbetriebsdienstes in den Ländern, Bonn 2006
- ADV – Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland: SAPOS ... bringt Sie in Position! Satellitenpositionierungsdienst der deutschen Landesvermessung, Hannover 2004
- AKTIV – Adaptive and Cooperative Technologies for Intelligent Traffic: CoCar Feasibility Study. Public Report by the CoCar Consortium, Berlin 2009
- AKTIV – Adaptive und Kooperative Technologien für den Intelligenten Verkehr: Das Projekt CoCarX. Auf den Seiten von: aktiv. URL: <http://www.aktiv-online.org/deutsch/aktiv-cocarX.html>; abgerufen am: 18.01.2011
- ALBRECHT, F.: Die rechtlichen Rahmenbedingungen bei der Implementierung von Fahrassistenzsystemen zur Geschwindigkeitsbeeinflussung. In: Deutsches Autorecht (DAR) 4/2005, Berlin 2005
- BAKOM – Bundesamt für Kommunikation (Schweizerische Eidgenossenschaft): „Faktenblatt“ TETRAPOL, Version 1.3., 26. März 2001, Biel (Schweiz) 2001
- BAKOM – Bundesamt für Kommunikation (Schweizerische Eidgenossenschaft): „Faktenblatt“ TETRA, Version 2.2., 1. November 2005, Biel (Schweiz) 2005
- BAUER, M.: Rot/Grün-Sehschwäche. Auf den Seiten von: Uni-Protokolle – Die Adresse für Ausbildung, Studium und Beruf. URL: <http://www.uni-protokolle.de/Lexikon/Rot/Gr%FCn-Sehschw% E4che.html>; abgerufen am: 31.01.2011
- BAUMBACH, G.: Moderne Sprechfunk- und Datenetze für die Anwendung bei der Straßenbauverwaltung. B&E Nachrichtentechnik GmbH, Nürnberg 2010
- BDE – Bundesverband der deutschen Entsorgungswirtschaft e. V.; VKS im VKU – Verband kommunaler Abfallwirtschaft und Stadtreinigung im VKU: VKS-Information 63. GPS-Einsatz im Bereich der Entsorgungswirtschaft und Stadtreinigung, Köln 2005
- BEKORS – Ad-Hoc-Fachgruppe Betriebsdienst – Arbeitsgruppe BEKORS: Maßnahmenkatalog Fuhrparkmanagement im Straßenbetriebsdienst (Entwurf) MK 8, Stand Dezember 2008, Gelsenkirchen 2008
- BENZ-JAESCHKE, A.: Leonie soll 2010 am realen Verkehr teilnehmen. Braunschweiger Projekt „Stadtpilot“ treibt das autonome Fahren voran. Auf den Seiten von: heise Autos. URL: <http://www.heise.de/autos/artikel/Leonie-soll-2010-am-realen-Verkehr-teilnehmen-447383.html>; abgerufen am: 07.01.2011
- BERGER, C.; RUMPE, B.: Autonomes Fahren – Erkenntnisse aus der DARPA Urban Challenge. In: it – Information Technology 4/2008, Oldenbourg 2008
- BERND, T.: Autonomes Fahren. Seminar „Mobile Systeme SS – Universität Koblenz-Landau, Koblenz-Landau 2003
- BMJ – Bundesministerium der Justiz: Bundesdatenschutzgesetz (BDSG); Stand: 14.01.2003, Berlin 2003
- BMJ – Bundesministerium der Justiz: Verordnung zur Sicherstellung von Telekommunikationsdienstleistungen sowie zur Einräumung von Vorrechten bei deren Inanspruchnahme. Telekommunikations-Sicherstellungs-Verordnung (TKSiV). Ausfertigungsdatum: 26.11.1997; zuletzt geändert: 31.10.2006, Berlin 2006

- BMJ – Bundesministerium der Justiz: Gesetz über Rahmenbedingungen für elektronische Signaturen. Signaturgesetz (SigG). Stand: 17.07.2009, Berlin 2009 (a)
- BMJ – Bundesministerium der Justiz: Gesetz zur Sicherstellung des Postwesens und der Telekommunikation. Post- und Telekommunikationssicherstellungsgesetz (PTSG). Ausfertigungsdatum: 14.09.1994; zuletzt geändert: 2.4.2009, Berlin 2009 (b)
- BMVBS – Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung: Leistungsheft für den Straßenbetriebsdienst auf Bundesfernstraßen, Version 1.1, Bonn 2004
- BMVBS – Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung: Richtlinie zur Ermittlung und Verrechnung von Kosten im Straßenbetriebsdienst an Bundesfernstraßen (Entwurf). Stand Dezember 2006, Bonn 2006
- BMVBS – Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung: Richtlinie zur Erhebung des Anlagenbestandes der Bundesfernstraßen, Bonn 2009 (a)
- BMVBS – Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung: ASB – Anweisung Straßeninformationsbank. Teilsystem: Netzdaten, Bonn 2009 (b)
- BMVBS – Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung: ASB – Anweisung Straßeninformationsbank. Teilsystem: Bestandsdaten, Bonn 2009 (c)
- BMVBS – Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung: Längenstatistik der Straßen des überörtlichen Verkehrs, Stand: 1. Januar 2010, Bonn 2010 (a)
- BMVBS – Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung: Richtlinie für die Sicherung von Arbeitsstellen an Straßen, Ausgabe 1995, aktualisiert 2010, FGSV 370, Bonn 2010 (b)
- BMVBS – Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung: Verkehrsinvestitionsbericht 2010. Drucksache 17/4980 des Deutschen Bundestages vom 01.03.2011, Berlin 2011 (a)
- BMVBS – Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung: MSD+ Modern Sicher Dynamisch – Die Zeichen stehen auf Start! Auf den Seiten von: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung. RL: http://www.msd.bund.de/Download/MSD_Flyer_2010.pdf; abgerufen am: 31.01.2011 (b)
- BMVBW – Bundesministerium für Verkehr, Bau und Wohnungswesen: Technische Lieferbedingungen für Streckenstationen TLS – Ausgabe 2002, Bonn 2002
- BNA – Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnwesen: LTE Übersicht – Anwendung. Auf den Seiten von: Bundesnetzagentur. URL: http://emf2.bundesnetzagentur.de/tech_lte_anwendung.html; abgerufen am: 13.01.2011
- BRADLEY, N.: Calm and Collected. In: traffic technology international, Dorking 2009
- BRADLEY, N.: SARTRE vehicle platooning project carries out first successful test. Auf den Seiten von: Traffic Technology Today.com. URL: <http://www.traffictechtoday.com/news.php?NewsID=27238>; abgerufen am: 22.01.2011
- BREITENBERGER, S.: Extended Floating Car Data – Potenziale für die Verkehrsinformation und notwendige Durchdringungsraten. Verkehrstechnik BMW Group. URL: http://www.bmwgroup.com/e/0_0_www_bmwgroup_com/foerderung_entwicklung/mobilitaet_verkehr/verkehrsforschung/ExtendedFloatingCarData_Paper_d.pdf; abgerufen am: 12.10.2010
- Bund-Länder Arbeitsgruppe Schulung: Lernunterlage BOS-Digitalfunk. Modul 1 Systemübersicht – allgemeine Grundlagen, Berlin 2007
- BUSCH, F.; DINKEL, A.; GROSANIC, S.: Umfelddatenerfassung in Streckenbeeinflussungsanlagen Testfeld „Eching Ost“ des Bundes (unveröffentlicht); abschlussbericht 4. Testphase November 2007 bis Oktober 2008 im Auftrag der Bundesanstalt für Straßenwesen und des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, München 2009
- BUSCH, F.; DINKEL, A.: Ermittlung witterungsbedingter Fahrbahnzustände auf Autobahnen mithilfe fahrzeuggenerierter Daten (unveröffentlicht). Schlussbericht im Auftrag der Bundesanstalt für Straßenwesen, München 2010
- B&E Nachrichtentechnik GmbH: Intelligente Warnsysteme und Alarmsender zum Warnen von Lkw, Nürnberg 2009

- BÖBS, S.: umts-infosite. MTS contra GSM. Auf den Seiten von: qualitylabs Online Media GmbH. URL: <http://www.umts-infosite.de/umts-contra-gsm.html>; abgerufen am: 15.06.2010
- CLAAS Vertriebsgesellschaft mbH: Intelligente Feldroboter rollen ins Rampenlicht. In: Claasvision 12/07, Harsewinkel 2007
- CLAAS KGaA mbH: Intelligente Feldroboter rollen ins Rampenlicht. In: Claasvision Nr. 28, Harsewinkel 2008
- CLAAS Vertriebsgesellschaft mbH: EASY – Der Name ist Programm. Auf den Seiten von: CLAAS. URL: http://www.claas.com/countries/generator/cl-pw/zzz_downloadcenter/document_pool/agrarmanagement/pr_easy_de_int_10,lang=de_DE.pdf; abgerufen am: 25.08.2010
- COST – European Cooperation in the Field of scientific and technical Research: New Developments for Winter Service on European Roads. Final Report COST 353 “Winter Service Strategies for Increased European Road Safety”, Brussels (Belgium) 2008
- DARPA – Defense Advanced Research Projects Agency: DARPA Grand Challenge. Autonomous Ground Vehicles. Auf den Seiten von: DARPA. URL: <http://www.darpa.mil/grandchallenge04/>; abgerufen am: 06.01.2011 (a)
- DARPA – Defense Advanced Research Projects Agency: DARPA Grand Challenge '05. Auf den Seiten von: DARPA. URL: <http://www.darpa.mil/grandchallenge05/>; abgerufen am: 06.01.2011 (b)
- DARPA – Defense Advanced Research Projects Agency: Urban Challenge. Auf den Seiten von: DARPA. URL: <http://www.darpa.mil/grandchallenge/overview.asp>; abgerufen am: 06.01.2011 (c)
- DIN – Deutsches Institut für Normung e. V. und Verband der Elektrotechnik Informationstechnik: Schutzarten durch Gehäuse. DIN EN 60529, Berlin 2000
- DIN – Deutsches Institut für Normung e. V.: Winterdienst- und Straßenbetriebsdienstausstattung. Teil 2: Protokoll für den Datentransfer zwischen dem Informationsanbieter-Server und dem Client-Anwenderserver. DIN prEN 15430-2, Berlin 2008
- DIN – Deutsches Institut für Normung e. V.: Winterdienstausrüstung – Straßenzustands- und Wetterinformationssysteme. Teil 1: Allgemeine Definitionen und Komponenten, DIN EN 15518-1, Berlin 2011 (a)
- DIN – Deutsches Institut für Normung e. V.: Winterdienstausrüstung – Straßenzustands- und Wetterinformationssysteme. Teil 2: Straßenwetter – Empfohlene Beobachtung und Vorhersage, DIN EN 15518-2, Berlin 2011 (b)
- DIN – Deutsches Institut für Normung e. V.: Winterdienstausrüstung – Straßenzustands- und Wetterinformationssysteme. Teil 3: Anforderungen an gemessene Werte der stationären Anlagen, DIN EN 15518-3, Berlin 2011 (c)
- DIN – Deutsches Institut für Normung e. V.: Winterdienst- und Straßenbetriebsdienstausstattung – Datenerfassung und -übertragung. Teil 1: Datenerfassung im Fahrzeug, DIN EN 15430-1, Berlin 2011 (d)
- DREWS, B.: Galileo – Grundlagen. Auf den Seiten von: pocketnavigation.de. URL: http://www.pocketnavigation.de/article/view_522_galileo-grundlagen/2.4.29.html; abgerufen am: 02.06.2010
- EHNINGER AG: LTE Ausbau in Deutschland schreitet voran. Auf den Seiten von: DSL News. URL: <http://www.dsl-news.de/dsl-meldung-4022.htm>; abgerufen am: 13.01.2011
- ENDRULAT, T.: SWIS – neue Benutzergruppe. Straßenzustands- und Wetterinformationssystem – SWIS. Deutscher Wetterdienst, Leipzig 2010
- ERHARDT, S.: Praktische Erfahrungen mit dem Einsatz neuer akustischer Warneinrichtungen bei Arbeitsstellen kürzerer Dauer. In: Kolloquium Straßenbetriebsdienst 2009, Karlsruhe 2009
- ERHARDT, S.: Praktische Erfahrungen mit dem Einsatz neuer akustischer Warneinrichtungen bei Arbeitsstellen kürzerer Dauer. In: Straßenverkehrstechnik 8.2010, Bonn 2010
- ESA – European Space Agency: EGNOS: European geostationary navigation overlay service. EGNOS brochure. Auf den Seiten von: ESA. URL: http://www.egnos-pro.esa.int/Publications/ESA_EGNOS_br284_2009.pdf; abgerufen am: 8.10.2010

- FETH, G.: Der Traum von der grünen Welle wird wahr, wenn Kommunen in Infrastruktur investieren. In: Frankfurter Allgemeine Zeitung 15.06.2010, Frankfurt 2010
- FGSV – Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Richtlinien für die Planung von Erhaltungsmaßnahmen an Straßenbefestigungen (PRE-Stra 01), Köln 2001
- FGSV – Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Richtlinien für die Ausstattung und Betrieb von Straßentunnel (RABT), FGSV 339, Köln 2006
- FGSV – Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Merkblatt für Planung, Bau und Betrieb von Taumittelsprühanlagen, FGSV 413, Köln 2009
- FGSV – Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Merkblatt für den Winterdienst auf Straßen, FGSV 416, Köln 2010 (a)
- FGSV – Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Hinweise zur Erfassung und Nutzung von Umfelddaten in Streckenbeeinflussungsanlagen, FGSV 306, Köln 2010 (b)
- FLL – Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e. V.: Richtlinie zur Überprüfung der Verkehrssicherheit von Bäumen, Baumkontrollrichtlinie, Bonn 2004
- FREUND, G.: Smart-TEC-RFID-Lösungen; Stadtwerke Krumbach setzen auf RFID. Auf den Seiten von: Smart TEC. URL: http://www.smart-tec.com/fileadmin/Downloads/presse/smart-tec/Pressebericht_Stadtwerke_Krumbach_mit_Bild.pdf; abgerufen am: 13.08.2010
- Friction Consortium: Friction Final Report 2009. Auf den Seiten von: Friction. URL: friction.vtt.fi; abgerufen am: 11.08.2010
- GIESEN, C.: EU-Projekt Galileo. Wie China Europa den Himmel klaute. Brüssel 12. April 2010. Auf den Seiten von: FAZ.N. URL: <http://www.faz.net/s/Rub0E9EEF84AC1E4A389A8DC6C23161FE44/Doc~E0D897CF5A0444474B630840A61C06BA3~ATpl~Ecommon~Scontent.html#5F02ED87670F48DC9239EF2F10451969>; abgerufen am: 02.06.2010
- GÖDDEL, G.: Digitaler Betriebsfunk – Technologien, Frequenzverwaltung, Weiternutzung bestehender Frequenzzuteilungen. Bundesnetzagentur; Referat 225: Nichtöffentliche Funkanwendungen, Bonn 2010
- Götting KG: Konvoi mit elektronischer Deichsel. CeBIT, Freigelände, FG B10. Auf den Seiten von: Götting. URL: <http://www.goetting.de/de/news/cebit09/konvoi>; Abgerufen am: 02.06.2010
- HANKE, H.: Die Streutechnik der Zukunft – Optimierung und Qualitätssicherung. In: Kolloquium Straßenbetriebsdienst 2009, Karlsruhe 2009
- HANKE, H.: Spreading-Agent-Management system as a part of an all-embracing winter maintenance management system (draft). In: XIII Winterdienstkongress 2010, Quebec (Canada) 2010
- HARUYAMA, K.; MITSUI, K.; HATTORI, H.; YOKOTA, M.: A Discussion of Advancements in Data Collection and Provision using next-generation. ITS Technology in Regions of cold and heavy Snow. In: XIII Internationaler Winterdienstkongress Quebec, Quebec (Canada) 2010
- HELMUS, M.; MEINS-BECKER, A.; LAUSSAT, L.; KELM, A.: RFID in der Baulogistik. Forschungsbericht zum Projekt „Integriertes Wertschöpfungsmodell mit RFID in der Bau- und Immobilienwirtschaft“, Wiesbaden 2009
- HIPPI, M.; JUGGA, I.; NURMI, P.: A statistical forecast model for road surface friction. Finnish Meteorological Institute. SIRWEC 15th International Road Weather Conference, Quebec (Canada) 2010
- HLSV – Hessisches Landesamt für Straßen- und Verkehrswesen: DORA – Dynamische Ortung von Arbeitsstellen. Auf den Seiten von: Staufreies Hessen. URL: <http://www.staufreieshessen.de>; abgerufen am: 26.01.2010
- HOLLDORB, C.: Concept for the Modular Structure of Winter Maintenance Management Systems. XII International Winter Road Congress der AIPCR/PIARC, Torino 2006
- HOLLDORB, C.: Neue Entwicklungen im europäischen Winterdienst. In: Straße und Autobahn, Heft 11/2009, Bonn 2009
- HUBER, W.: Fahrzeuggenerierte Daten zur Gewinnung von Verkehrsinformationen, Öffentlich-

- chung des Fachgebiets Verkehrstechnik und Verkehrsplanung. Technische Universität München, München 2001
- HÖHNE, M.: Aufbau eines effizienten Fuhrparkmanagements für den Straßenbetriebsdienst. In: Kolloquium Straßenbetriebsdienst 2009, Karlsruhe 2009
- JUNG, H.: Übersicht Netzsicherheit; Vodafone: Key Account Manager ENN, öffentliche Auftraggeber, Düsseldorf 2009
- KAITEC GmbH: Studie zum Aufbau eines digitalen Funkkommunikationsnetzes (unveröffentlicht); im Auftrag des Landesbetriebes Straßenbau Nordrhein-Westfalen, Hösbach 2009
- KAWAMATA, K.; KARIO, Y.; TANAKA, J.; YAMAMURA, Y.: Discussion on the practical Application of DSRC in Measures to counter visibility Hazards in cold Areas with heavy Snowfall. In: XIII Internationaler Winterdienstkongress Quebec, Quebec (Canada) 2010
- KLASS, C.; IHLENFELD, J.: Autonomes Fahren; Roboterautos kurven durch Niedersachsen und Kalifornien. Auf den Seiten von: golem.de. URL: <http://www.golem.de/1010/78561.html>; abgerufen am: 10.11.2010
- KLOEPFER, F.: GPS – Neue Einsatzmöglichkeiten in der Landwirtschaft. In: Bayer Crop Science Kurier 3/07, Monheim am Rhein 2007
- KNUDSEN, F.; SOMMER, B.: GPS controlled salt spreading and section based forecasts. In: XIII. Internationaler Winterdienstkongress Quebec, Quebec (Canada) 2010
- KRANKE, F.; POPPE, H.; KESTING, A.; TREIBER, M.: Der Baustellenlotse – Ein stauvermeidendes Fahrassistenzsystem. In: Straßenverkehrstechnik, Heft 1/2010, Bonn 2010
- KRÖNER, T.: RFID Allgemein – RFID-Technologie. Auf den Seiten von: RFID Journal. URL: <http://www.rfid-journal.de/>; abgerufen am: 07.06.2010
- KUPFER, E.: Die EU möchte alle Autos miteinander vernetzen. In: Frankfurter Allgemeine Zeitung 22.06.2010, Frankfurt 2010
- KÖHNE, A.; WÖSSNER, M.: GPS-System/Galileo. Auf den Seiten von: kowoma.de. URL: <http://www.kowoma.de/gps/>; abgerufen am: 12.10.2010
- KÖHNE, A.; WÖSSNER, M.: Fehlerquellen bei GPS. Auf den Seiten von: kowoma.de. URL: <http://www.kowoma.de/gps/>; abgerufen am: 04.01.2011
- Lehmann + Partner GmbH: MOSAIK – System für ein Straßenunterhaltungsmanagement. Auf den Seiten von: Lehmann + Partner GmbH. URL: <http://www.lehmann-partner.de/leistungen/mosaik.html>; abgerufen am: 02.02.2010
- LGN – Landesvermessung + Geobasisinformation Niedersachsen: SAPOS – Präzise Positionierung in Lage und Höhe. Geodienstleistungen Deutschland. Auf den Seiten von: Landesvermessung + Geobasisinformation Niedersachsen. URL: <http://www.lgn.niedersachsen.de/>; abgerufen am: 08.07.2010
- Lufft – G. Lufft Mess- und Regeltechnik GmbH: UMB-Technologie. IRS31-UMB – berührungslos messen mit optischem Messprinzip, Fellbach 2011
- MAURER, M.: Stadtpilot. Auf den Seiten von: Technische Universität Braunschweig. URL: <http://stadtpilot.tu-bs.de/>; Abgerufen am: 08.12. 2010
- MAYER, F.: Lean Management im Straßenbau (unveröffentlicht). Bachelorarbeit im Studiengang Projektmanagement (Bau), Hochschule Biberach, Biberach 2009
- MÜHLBERGER, J.: Salzmanager. Ein Beitrag der Informationstechnologie zu sicheren Straßen im Winter, Bozen (Italien) 2006
- NIEBRÜGGE, L.: Entwicklung europäischer Standards für Winterdienstgeräte – Streumaschinen. In: Kolloquium Straßenbetriebsdienst 2007, Karlsruhe 2007
- Nissen – Adolf Nissen Elektrobau GmbH + Co. KG.: Verkehrs-Sicherungseinrichtungen. Fahrbare Absperrtafeln – Vorwarneinrichtungen, Tönning 2009
- Novasib GmbH: TT-SIB INFOSYS. Auf den Seiten von: Novasib GmbH. URL: <https://www.novasib.de/?iid=produkte%2FTT-SIB-INFOSYS>; abgerufen am: 30.11.2010
- OHL, H.: EGNOS hilft GPS auf die Sprünge. In: Technik und Motor. Frankfurter Allgemeine Zeitung 15. Juni 2010, Frankfurt 2010

- PLANERT, M.: Hightech an der Linde – Codierung des Baumbestands der Gemeinde Borsdorf mittels RFID. RFID-Tag der Universität Leipzig – 29. Januar 2009, Leipzig 2009
- PORWOLLIK, J.: Stand der Umsetzung der ergebnisorientierten Steuerung des Betriebsdienstes in den Ländern. In: Straße und Autobahn, Heft 08/2008, Bonn 2008
- Reuters: Autonome Autos; Google testet Roboterautos. Auf den Seiten von: Focus Online. URL: http://www.focus.de/auto/ratgeber/sicherheit/autonome-autos-google-testet-roboterautos_aid_560994.html; abgerufen am: 07.01. 2011
- ROOS, R.; HESS, R.; NORKAUER, A.; ZIMMERMANN, M.; ZACKOR, H.; OTTO, J. C.: Planung und Organisation von Arbeitsstellen kürzerer Dauer an Bundesautobahnen. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Reihe Verkehrstechnik, Heft V 143, Bergisch Gladbach 2006
- ROOS, R.; ZIMMERMANN, M.; RIFFEL, S.; CYPRA, T.: Verbesserung der Sicherheit des Betriebspersonals in Arbeitsstellen kürzerer Dauer auf Bundesautobahnen. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Reihe Verkehrstechnik, Heft V 170, Bergisch Gladbach 2008
- RUESS, B.; HOLLDORB, C.: Optimierung der Verkehrssicherheit und des Verkehrsflusses im Winter durch den Einsatz moderner Kommunikationstechnologie im Strassenbetrieb. Forschungsbericht VSS 2003/601, Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS), Zürich (Schweiz) 2007
- RUMPE, B.: Autonomes Fahren: Software steuert sich durch die Stadt. In: Ringvorlesung „Was ist Informatik?“ 2010; Lehrstuhl für Software Engineering RWTH Aachen, Aachen 2010
- Sartre Consortium: The SARTRE Project. Auf den Seiten von: SARTRE. URL: <http://www.sartre-project.eu/en/Sidor/default.aspx>; abgerufen am: 24.01.2011
- SCHUH, H.: Freie Fahrt in der Kolonne. In: Zeit Online 1999. URL: http://www.zeit.de/1999/25/199925.deichsel_.xml; abgerufen am: 09.08. 2010
- SCHÄFER, C.: Einführung einer Straßeninformationsbank und ihre Anwendung bei der betrieblichen Erhaltung des Landesstraßennetzes im Land Salzburg (unveröffentlicht). Masterarbeit im Studiengang Bauingenieurwesen, Hochschule Biberach, Biberach 2011
- SIM-TD Consortium: SIM^{TD} – Sichere Intelligente Mobilität Testfeld Deutschland. Auf den Seiten von: SIM-TD. URL: <http://www.simtd.de/index.dhtml/114d3c6dad61759649if/-/deDE/-/CS/-/>. Abgerufen am: 24.01.2011
- SLAGMOLEN, N.: Easy Access. In: intertraffic world – 2010 showcase, 2010
- SPREDA, I. B.: Allgemeines – Wissenswertes und Kurioses. Auf den Seiten von: Die deutsche Linkshänderseite. URL: <http://www.linkshaenderseite.de/allgemei.html>; abgerufen am: 31.01.2011
- SWS-Winterdienst GmbH: SalzManager. Das integrierte Lager-Management, Heilbronn 2010
- TAMM, G.; TRIBOWSKI, C.: RFID – Informationen im Fokus, Heidelberg 2010
- Telekom Deutschland GmbH: Geschäftskunden – Tarifberater. Auf den Seiten von: T-Mobile. URL: <http://www.t-mobile.de/business/beratung/0,19175,22660-,00.html>; abgerufen am: 22.01.2011
- THEIS, U.: Galileo. Auf den Seiten von: Raumfahrt-Agentur DLR Portal. URL: http://www.dlr.de/rd/desktopdefault.aspx/tabid-2439/3577_read-5294/; Abgerufen am: 02.06.2010
- THEISS, B.: Der große Netztest in Deutschland. In: Connect, Heft 12/2010, Poing 2010
- TIM – Traffic Information and Management GmbH: DIVan (Arbeitstitel). Dynamisches Informations- und Verkehrssystem – Sicherungs- und Warnanhänger, Dieburg
- VAA, T.; HOL, I.; OLSEN, O.: Side Friction as a Parameter to optimize Winter Operations. In: XIII Internationaler Winterdienstkongress Quebec, Quebec (Canada) 2010
- Vaisala GmbH: Vaisala Optischer Straßensensor für die Oberflächenerkennung DSC 111. Ref. B210470DE-B Vaisala 2009, Hamburg 2009
- Vaisala GmbH: Vaisala Optischer Straßensensor für die Temperaturerkennung DST 111. Ref. B210470DE-B Vaisala 2010, Hamburg 2010

VKS – Verband kommunaler Abfallwirtschaft und Stadtreinigung e. V.: Automatische Datenerfassung im Winterdienst – Empfehlungen, Köln 2001

Vodafone D2 GmbH: Rahmenvertrag zwischen Vodafone D2 GmbH und der zentralen Stelle der SAPOS® c/o LGN Niedersachsen. Auf den Seiten von: Landesvermessung + Geobasisinformation Niedersachsen. URL:<http://www.sapos-bw.de/images/SAPOS%20bei%20Vodafone%20ab%20September%202009.pdf>, Abgerufen am: 08.07.2010

VPM – Verband professioneller Mobilfunk: Mobile Kommunikation in Krisensituationen. Auf den Seiten von: PMeV. URL: <http://www.pmev.de/component/search/Mobile%2BKommunikation%2Bin%2BKrisensituationen/%252F?ordering=&searchphrase=all>; abgerufen am: 28.01.2011

WIEGAND, K.: Steuerung, Optimierung von Logistikabläufen beim Asphalteinbau am Praxisbeispiel Flughafenausbau 2008/2009 Baden Airport – Ausbau der Start- und Landebahn (unveröffentlicht). Bachelorarbeit im Studiengang Projektmanagement (Bau), Hochschule Biberach, Biberach 2009

Teil 2: Autonomes Fahren für den Straßenbetriebsdienst

1 Einleitung

Tätigkeiten des Betriebsdienstes im Verkehrsraum bergen ein enorm hohes Unfallrisiko für das Personal. Bei der Betrachtung von Arbeitsunfällen im Straßenbetriebsdienst sind Unfälle, die durch Verkehrsteilnehmer verursacht werden, im Vergleich zu anderen Unfallursachen, wie beispielsweise Werkzeugbedienung, eindeutig prioritär zu betrachten. Bei diesen fremdverschuldeten Unfällen kommt es häufiger zu weitreichenden Unfallfolgen bis hin zu schwerverletzten und getöteten Mitarbeitern [HÖHNE 2008, 2009].

HOLLDORB et al. [2011] betonen im Rahmen des FE-Projektes „Einsatz moderner Informations- und Kommunikationstechnologien zur Optimierung des Betriebsdienst-Managements (InfKom)“ die Bedeutung eines möglichst hohen Sicherheitsstandards bei allen Arbeiten des Betriebsdienstes; dessen Gewährleistung ist stets in den Vordergrund zu stellen. Bei Arbeiten im Verkehrsraum muss neben der Verkehrssicherheit auch der Sicherheit des Betriebsdienstpersonals besondere Beachtung zukommen.

Die Anwendung autonomer Fahrzeuge im Betriebsdienst kann umfangreiche Möglichkeiten zur Reduktion der Gefährdung des Personals im Verkehrsraum bieten. Durch den Einsatz selbstständig agierender Sicherungs- und Arbeitsfahrzeuge wäre kein Aufenthalt in und an diesen Fahrzeugen notwendig. Gemäß HOLLDORB et al. [2011] ist der beste Unfallschutz durch Verzicht auf Mitarbeiter in den besonders gefährdeten Fahrzeugen zu erwarten. Gleichzeitig ist die Entwicklung des autonomen Fahrens so weit fortgeschritten, dass eine Anwendung im Betriebsdienst möglich erscheint. Als ein Resultat des Projektes InfKom wird daher autonomen Betriebsdienstfahrzeugen ein deutliches Potenzial zur Steigerung der Mitarbeitersicherheit in Arbeitsstellen kürzerer Dauer (AkD) zugeschrieben und weitergehender Bedarf zur Untersuchung von Einsatzmöglichkeiten und Realisierungswegen aufgezeigt.

Eine weitergehende Konkretisierung des Entwicklungsansatzes „Autonomes Fahren für den Straßenbetriebsdienst“ führte die Hochschule Biberach

im Rahmen einer Erweiterung des Projektes InfKom im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS), vertreten durch die Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), durch. Das Institut für Regelungstechnik (IfR) der Technischen Universität Braunschweig wurde als Unterauftragnehmer von der Hochschule Biberach hinzugenommen.

Vorliegender Ergänzungsbericht betrachtet Anwendungs- und Realisierungsmöglichkeiten unbemannter Sicherungsfahrzeuge für Arbeitsstellen des Betriebsdienstes auf Autobahnen. Es werden Einsatzbereiche unbemannter Sicherungsfahrzeuge identifiziert (Kapitel 2), wofür u. a. in ausgewählten Autobahnmeistereien in Nordrhein-Westfalen mehrere Mitfahrten vor Ort und Interviews mit Meistereileitern und -mitarbeitern stattfanden. Kapitel 3 zeigt verschiedene technische Konzeptionsmöglichkeiten. Kapitel 4 betrachtet Nutzungspotenziale der entworfenen Einsatzszenarien. Abschließend wird der notwendige technische und rechtliche Forschungsbedarf zur Realisierung unbemannter Betriebsdienstfahrzeuge aufgezeigt (Kapitel 5).

2 Anwendungsmöglichkeiten

2.1 IST-Stand bei der Sicherung von Arbeitsstellen des Betriebsdienstes

Richtlinien für die Sicherung von Arbeitsstellen an Straßen (RSA)

Die „Richtlinien für die Sicherung von Arbeitsstellen an Straßen (RSA)“ [BMVBS 2010a] legen in Teil D die notwendigen Sicherungsmaßnahmen für Arbeitsstellen an Autobahnen fest. Bezüglich der Gestaltung der Sicherungsmaßnahmen unterscheiden die RSA zwischen Arbeitsstellen längerer und kürzerer Dauer. Arbeitsstellen kürzerer Dauer (AkD) sind solche, „die nur über eine begrenzte Stundenzahl, in der Regel während der Tageshelligkeit eines Kalendertages, bestehen, auch wenn Arbeiten an den folgenden Tagen fortgesetzt werden. Hierunter fallen:

- a. Arbeitsstellen, die kurzfristig stationär eingerichtet sind (z. B. für Unterhaltungsarbeiten, Reparaturen an Schutzplanken, Beschilderungsarbeiten, Arbeiten an Ver- und Entsorgungseinrichtungen), (...) (kurzfristig stationäre Arbeitsstellen);

- b. Arbeitsstellen, die sich in der Regel in Verkehrsrichtung kontinuierlich fortbewegen (z. B. für Reinigungsarbeiten, Markierungsarbeiten, Grasschnitt) (bewegliche Arbeitsstellen), (...) [BMVBS 2010a].

„Tätigkeiten des Betriebsdienstes erfordern, sofern sie mit einem Eingriff in den Verkehrsraum verbunden sind, in aller Regel Arbeitsstellen kürzerer Dauer“ [ROOS et al. 2006]. Zur Absperrung und Führung des Verkehrs im Bereich der Arbeitsstelle werden bei AkD fahrbare Absperrtafeln eingesetzt. Zusätzlich zu den Absperrrichtungen sind auf Autobahnen zur frühzeitigen Warnung der Verkehrsteilnehmer vor unerwarteten Verkehrseinschränkungen insbesondere bei schlechten Sichtverhältnissen Vorwarneinrichtungen, d. h. Vorwarntafeln oder der kleine Blinkpfeil, anzuwenden [BMVBS 2010a].

Vorgaben zur Anordnung von Absperr- und Vorwarneinrichtungen in AkD auf Autobahnen sind in den Regelplänen D III 1 bis D III 7 der RSA dargestellt. Bei Arbeiten auf der Fahrbahn ist die Arbeitsstelle grundsätzlich durch eine fahrbare Absperrtafel abzusichern. Zwischen Arbeitsstelle und einer fahrbaren Absperrtafel mit Zugfahrzeug ist ein Abstand von mindestens 50 m einzuhalten. Wird die Absperrtafel bei stationären AkD ohne Zugfahrzeug abgestellt, ist der Abstand auf etwa 100 m zu vergrößern. Bei beweglichen Arbeitsstellen, die mit einer Geschwindigkeit zwischen 5 und 60 km/h fortschreiten, darf in Ausnahmefällen die fahrbare Absperrtafel vom Arbeitsfahrzeug selbst geschleppt werden beziehungsweise dieses mit einer der Absperrtafel entsprechenden Kennzeichnung ausgestattet werden. Erfolgen Arbeiten auf dem Standstreifen oder unmittelbar rechts davon, sind diese durch fahrbare Absperrtafeln mit Blinkkreuz oder Arbeitsfahrzeuge mit verbesserter Sicherheitskennzeichnung zu sichern. Vorwarneinrichtungen sind ergänzend zu den Absperrtafeln immer dann einzusetzen, wenn im Bereich der Arbeitsstelle regulär Geschwindigkeiten über 120 km/h zulässig sind oder die Sichtweite auf die Absperrtafel geringer als 800 m ist. Ist die Absperrtafel nur aus einer Entfernung kleiner 400 m sichtbar, sind zwei Vorwarneinrichtungen einzusetzen. Bei beweglichen Arbeitsstellen werden die Vorwarntafeln auf dem Standstreifen bzw. rechts neben der Fahrbahn mitgeführt. Ist es bei Arbeitsstellen auf dem linken Fahrstreifen nicht möglich, Vorwarneinrichtungen anforderungsgemäß links neben diesem Fahrstreifen abzustellen, ist statt-

dessen ein zweites Absperrfahrzeug anzuwenden [BMVBS 2010a].

Ergänzend zu den RSA haben verschiedene Bundesländer weitergehende Regelungen erlassen bzw. separate Musterpläne zur Sicherung von AkD auf Autobahnen herausgegeben.

Sicherungen von Arbeitsstellen kürzerer Dauer in der Praxis des Betriebsdienstes

In den RSA wird zwischen beweglichen und stationären AkD unterschieden und es werden entsprechende Anforderungen an die Absicherung festgelegt. Bei der Betrachtung der Praxis kann jedoch eine weitergehende Differenzierung in drei Kategorien vorgenommen werden:

- Mobile AkD

Mobile AkD sind in erster Linie solche, bei denen Leistungen unmittelbar von einem entsprechenden Arbeitsfahrzeug aus erbracht werden, welches sich im Zuge der Leistungserbringung kontinuierlich fortbewegt; beispielsweise Mähen der Bankette oder Kehren der Fahrbahnränder. Diese Arbeitsstellen werden in den RSA als bewegliche Arbeitsstellen definiert. Absperrung und Vorwarnung sind bei beweglichen AkD entsprechend dem Fortschreiten der Arbeitsstelle mitzuführen. In der Praxis bedeutet dies, dass Absperr- und Vorwarnanhänger mit entsprechenden Zugfahrzeugen zum Einsatz kommen. Diese sind während des gesamten Einsatzverlaufs von Mitarbeitern zu besetzen, um dem Arbeitsfahrzeug nachzufolgen. Arbeitsfahrzeuge am Standstreifen sichern sich häufig selbst, indem eine Absperrtafel direkt am Fahrzeug angebracht ist oder ein Absperranhänger mitgeschleppt wird.

- Wandernde AkD

Als wandernde AkD werden solche Arbeitsstellen bezeichnet, die sich in mehr oder weniger regelmäßigem Stop-and-Go im Streckenverlauf vorwärts bewegen. Bei zahlreichen Leistungen des Betriebsdienstes ist die einzelne Tätigkeit an sich zwar statisch an einer begrenzten Stelle durchzuführen, jedoch ist die Dauer der Tätigkeit recht kurz und diese tritt auf der Strecke derart gehäuft auf, dass sich ein Stop-and-Go-Ab- lauf in der Leistungserbringung und Absicherung einstellt. Als Beispiele hierfür sind das Reinigen von Schächten oder die Reparatur kleinerer

Fahrbahnschäden zu nennen. Gemäß den RSA handelt es sich um stationäre AkD. In der Praxis müssen Absicherungs- und Vorwarntafeln häufig weiterbewegt werden. Die Fahrer der Sicherungsfahrzeuge verbleiben im Fahrzeug, um die Absperrung und Vorwarnung regelmäßig aufrücken zu können. Statische Vorwarneinrichtungen, wie der kleine Blinkpfeil und Verkehrszeichen am linken Fahrbahnrand, werden durch die Fahrer der Vorwarnfahrzeuge mitgeführt und abschnittsweise beim Fortschreiten der Arbeitsstelle neu aufgestellt.

- Stationäre AkD

Tatsächlich als stationär zu betrachten sind Arbeitsstellen, die während des gesamten Einsatzes innerhalb eines definierten Bereichs statisch eingerichtet sind. Dies ist bei Leistungen der Fall, deren Erbringung an einer definierten Stelle relativ lange dauert, beispielsweise die Reparatur von Schäden an Brückenbauwerken. Da die Absicherung nicht weiterbewegt werden muss, werden Vorwarntafeln und ggf. auch Absperrtafeln ohne Zugfahrzeug abgestellt bzw. es verbleiben keine Mitarbeiter in den Zugfahrzeugen. Nach Beendigung der Leistungen werden die Sicherungsgeräte wieder eingeholt. Hierzu sind entsprechende Umfahrten notwendig.

Bedeutend für mobile und wandernde Arbeitsstellen ist der hohe Mitarbeiterbedarf bei deren Sicherung, wenn die Absicherung nicht durch das Arbeitsfahrzeug direkt mitgeführt wird. Bei der Verwendung von einem Absperr- und zwei Vorwarnfahrzeugen sind drei Personen für das Fahren der Sicherungsfahrzeuge einzuplanen. Gemäß dem RSA ist in Abhängigkeit von Sichtweite und zulässiger Geschwindigkeit der Verzicht auf Vorwarnelemente bzw. der Einsatz von ein oder zwei Vorwarnelementen vorgesehen. Nach Angaben befragter Meistereien müssen in der Praxis mobiler und wandernder AkD meist zwei Vorwarnfahrzeuge mitgeführt werden, da im Laufe mehrstündiger Einsätze in aller Regel Abschnitte mit nicht ausreichender Sichtweite, beispielsweise aufgrund von Kuppen etc., passiert werden.

Die Fahrer der Vorwarnfahrzeuge tragen weder in mobilen noch in wandernden AkD zur eigentlichen Leistungserbringung bei. Dies ist selbst in längeren Stopp-Phasen wandernder AkD aufgrund der räumlichen Entfernung von der eigentlichen Arbeitsstelle nicht möglich. Zum Teil werden „nebenbei“ ander-

weitige kleinere Leistungen, wie das Aufstellen umgefallener Leitpfosten, erbracht. Der Fahrer des Absperrfahrzeugs übernimmt in mobilen AkD häufig die Koordination der Absicherung. In wandernden AkD wirkt der Fahrer des Absperrfahrzeugs in der Praxis gegebenenfalls bei der Leistungserbringung mit, sofern einzelne Tätigkeiten ausreichend lange dauern, sodass sich das Aussteigen und der Weg zur Arbeitsstelle lohnen. Befragte Meistereileiter geben jedoch an, dass dies so nicht direkt notwendig ist, da ausreichend Mitarbeiter unmittelbar im Arbeitsfahrzeug eingeplant werden.

Der Personalbedarf in stationären AkD ist wesentlich geringer. Es können Vorwarntafeln eingesetzt werden, welche sich auf dem Absperrfahrzeug, d. h. dem Anhänger der Absperrtafel, transportieren lassen. Eine Absicherung aus bis zu zwei Vorwarntafeln und einem Absperrfahrzeug kann von zwei Mitarbeitern zur Arbeitsstelle transportiert und aufgebaut werden. Dies sind zugleich die Mitarbeiter zur eigentlichen Leistungserbringung. Sofern auf ein Absperrfahrzeug verzichtet, d. h. der Anhänger mit der Absperrtafel unmittelbar vom Arbeitsfahrzeug antransportiert und vor Ort ohne Zugfahrzeug abgestellt wird, ist das Einrichten einer derartigen Absicherung auch von nur einer Person durchführbar. Allerdings können die Umfahrten, welche zum Einholen der Sicherungsgeräte notwendig sind, je nach Lage der Arbeitsstelle und Streckencharakteristik sehr aufwändig und zeitintensiv sein.

Es ist schwierig, klare Zeiträume anzugeben, wie lange eine Tätigkeit dauern muss, damit die einzelnen Sicherungsmaßnahmen ergriffen werden. Bei einer Dauer von bis zu 30 min bleiben Vorwarnfahrzeuge in jedem Fall mit Mitarbeitern besetzt, weshalb von einer wandernden Absicherung gesprochen werden kann. Diese werden jedoch ggf. auch bei wesentlich längerer Leistungsdauer eingerichtet. Mitarbeiter gaben an, dass es durchaus vorkommt, dass Fahrer von Vorwarnfahrzeugen bis zu zwei Stunden in diesen auf das weitere Vorrücken der Sicherung warten, da aufgrund der nötigen Umfahrten das Einrichten stationärer AkD nicht sinnvoll ist. Andererseits kann es auch bei relativ kurzer Dauer einzelner Leistungen zur Einrichtung von stationären AkD kommen. Hierbei spielt unter anderem der verringerte Personalbedarf eine Rolle.

Insgesamt haben sich in den Meistereien in verschiedenen Aspekten der Sicherung von AkD durchaus abweichende Vorgehensweisen etabliert. Dies ist zum einen den unterschiedlichen Regel-

werken in den einzelnen Ländern geschuldet. Zum anderen fließen Randbedingungen wie Streckencharakteristik, Verkehrsbelastung oder das individuelle Gefahrenempfinden der Meistereileiter in die Gestaltung der Arbeitsstellensicherung ein. Insbesondere bezüglich des Einrichtens und Auflösens der Absicherung bieten die gültigen Regelwerke keine eindeutigen Vorgaben für die praktische Handhabung.

Gefährdung des Personals in Arbeitsstellen kürzerer Dauer auf Autobahnen

ROOS et al. [2008] analysierten Unfälle mit Beteiligung von Personal beziehungsweise Fahrzeugen und Geräten des Betriebsdienstes im Bereich von AkD auf Bundesautobahnen. Die Datengrundlage bilden Unfallprotokolle aus den Jahren 1997 bis 2005 folgender Bundesländer: Baden-Württemberg, Bayern, Berlin, Bremen, Hamburg, Hessen, Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz, Saarland, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein. Insgesamt konnten 951 relevante Unfälle für die Detailuntersuchung von Unfallhäufigkeiten und -mustern herangezogen werden. Allerdings wurde nicht bei allen Bundesländern davon ausgegangen, dass die zur Verfügung gestellten Unfallprotokolle aus den einzelnen Jahren komplett waren. Weiterhin waren in zahlreichen Aufzeichnungen einzelne Angaben nicht vollständig.

Bei den 951 betrachteten Unfällen verunglückten 181 Betriebsdienstmitarbeiter. Es liegen bei 175 Fällen Daten zur Unfallschwere vor: 7 Getötete, 43 Schwerverletzte und 125 Leichtverletzte [ROOS et al. 2008].

Bezüglich der Lage der Absperrung im Querschnitt zeigt sich, dass die Anzahl der Unfälle bei Sperrung des linken und des rechten Fahrstreifens nahezu gleich hoch ist und bei Sperrung des Standstreifens vermehrt Unfälle auftreten. Von 951 Unfällen ereigneten sich 223 bzw. 240 bei Sperrung des linken bzw. rechten Fahrstreifens. Wohingegen es bei AkD auf dem Standstreifen zu 315 Unfällen kam. Die Unfallzahlen bei gemeinsamer Sperrung des linken bzw. rechten Fahrstreifens und des mittleren Fahrstreifens sind vernachlässigbar. Eine relativ große Zahl von 155 Unfällen konnte allerdings nicht zugeordnet werden. Eine Betrachtung der Unfallschwere bei den verunglückten Betriebsdienstmitarbeitern identifiziert die besondere Bedeutung der Unfälle auf dem Standstreifen sowie dem rechten Fahrstreif-

fen. 57 % der bei Unfällen in AkD getöteten und 49 % der schwer- sowie 50 % der leichtverletzten Mitarbeiter sind bei Sperrung des Standstreifens zu verzeichnen. Unfällen bei Sperrung des rechten Fahrstreifens sind keine getöteten, jedoch 37 % der schwer- und 19 % der leichtverletzten Mitarbeiter des Betriebsdienstes zuzuschreiben. Eine Erklärung hierzu liefert die Betrachtung der Unfallverursacher. Unfälle auf dem Standstreifen oder rechten Fahrstreifen werden überwiegend durch Lkw verursacht. Bei deren Aufprall wird im Vergleich zum Pkw eine höhere kinetische Energie freigesetzt, weshalb es zu schweren Unfallfolgen kommt. Auf dem linken Fahrstreifen ist das Gefahrenpotenzial für das Betriebsdienstpersonal aufgrund der verringerten Unfallfolgen etwas reduziert [ROOS et al. 2008].

Eine Betrachtung der am häufigsten durch Unfälle in AkD beschädigten Fahrzeuge und Geräte des Betriebsdienstes zeigt folgendes Bild: Lkw/Geräteträger sowie Absicherungsanhänger wurden, bezogen auf die Gesamtzahl der betrachteten Unfälle, gleichermaßen in jeweils mehr als 60 % der Unfälle beschädigt. Kehrmaschinen wurden in 45 von 951 Unfällen beschädigt (Anteil: 5 %). Auf die restlichen Fahrzeugtypen und Geräte (Vorwarntafel, Mannschaftswagen, Pkw und Sonstige) entfällt je ein Anteil von 3 %.

Besonders auffällig ist das hohe Gefährdungspotenzial für Mitarbeiter, die sich in Fahrzeugen befinden, im Vergleich zum Aufenthalt außerhalb des Fahrzeugs. Tabelle 1 zeigt, dass sich in den entsprechend ausgewerteten Unfällen nahezu 80 % der verunglückten Mitarbeiter des Betriebsdienstes zum Zeitpunkt des Unfalls im Fahrzeug aufhielten. Lediglich der Anteil getöteter Mitarbeiter ist außerhalb des Fahrzeugs etwas höher als im Fahrzeug. Insgesamt ist das Verletzungsrisiko im Fahrzeug deutlich erhöht. In 60 % der Unfälle, bei denen Mitarbeiter im Fahrzeug zu Schaden kamen, handelte es sich gemäß ROOS et al. [2008] um mobile AkD, bei denen es den Mitarbeitern nicht möglich war, sich außerhalb des Fahrzeugs aufzuhalten. In den restlichen 40 % handelte es sich um stationäre AkD, bei denen die Mitarbeiter dennoch zum Zeitpunkt des Unfalls im Fahrzeug waren.

Ob gerade ein- oder ausgestiegen wurde, ist in den Unfallprotokollen kaum explizit genannt. Es liegen nur vier Unfallprotokolle mit entsprechendem Hinweis vor. Allerdings weisen diese mit zwei Getöteten sehr schwere Unfallfolgen auf [ROOS et al. 2008].

Verunglückte Mitarbeiter		gesamt		Lage der AkD im Querschnitt												
				linker Fahrstreifen		mittlerer u. linker oder rechter FS		rechter Fahrstreifen		Standstreifen		alle Fahrstreifen gesperrt	neben der Fahrbahn	unbekannt		
Gesamtverunglückte		168		26		0		42		83		6	4	7		
		100 %		15 %		0 %		25 %		49 %		4 %	2 %	4 %		
Aufenthalt Verunglückter	im Fahrzeug	Gesamtunfallzahl		101		12		0		29		53		1	1	5
		Getötete		1	1 %	0	0 %	0 %	0	0 %	1	1 %	0 %	0 %	0 %	0 %
		Schwerverletzte		28	17 %	0	0 %	0 %	15	9 %	11	7 %	1 %	0 %	0 %	0 %
		Leichtverletzte		99	59 %	14	8 %	0 %	22	13 %	51	30 %	2 %	1 %	4 %	
	außerhalb	Gesamtunfallzahl		18		5		0		3		8		0	2	0
		Getötete		4	2 %	0 %	0 %	0 %	0 %	1 %	0 %	0 %	1 %	0 %		
		Schwerverletzte		15	9 %	2 %	0 %	2 %	5 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %		
Leichtverletzte		20	12 %	5 %	0 %	1 %	5 %	0 %	1 %	0 %	1 %	0 %				
Anmerkungen:																
<ul style="list-style-type: none"> • Aufgrund der Datenlage konnten nicht alle 181 Fälle verunglückter Mitarbeiter einbezogen werden. • %-Anteile der Getöteten/Schwer-/Leichtverletzten sind auf die Gesamtverunglückten des Personals bezogen. • Die fett dargestellten Werte Verunglückter sind aus den prozentualen Angaben von ROOS et al. [2008] errechnet. Die fetten Darstellungen sind in Kapitel 4.1 von Bedeutung und werden darin erläutert. 																

Tab. 1: Verunglückte Mitarbeiter in Abhängigkeit des Aufenthaltsortes und der Lage der AkD im Querschnitt (Werte: ROOS et al. [2008])

Auf dem Standstreifen ereignen sich relativ viele Unfälle mit Fahrzeugen ohne separaten Sicherungsanhänger, insbesondere Kehrmaschinen. Aufgrund dieses Unfallmusters und der dargestellten Schwere dieser Unfälle ist eine bessere Absicherung von Kehrmaschinen und anderen Fahrzeugen auf dem Standstreifen zu empfehlen. Praktiker geben ebenfalls an, Fahrer selbst gesicherter Arbeitsfahrzeuge als besonders gefährdet zu betrachten. Auch dem Streckenwart wird ein sehr hohes Unfallrisiko zugeschrieben, sowohl beim Überqueren der Fahrbahn als auch beim Aufenthalt im Fahrzeug am Standstreifen. Gleichwohl, so wird durch ROOS et al. [2008] angemerkt, ist bei einer separaten Absicherung selbst gesicherter Arbeitsfahrzeuge durch Absperrfahrzeuge keine echte Reduktion des Unfallaufkommens zu erwarten, lediglich eine Verlagerung der Unfallgeschädigten. In der Regel wären statt der Arbeitsfahrzeuge dann die Absperrfahrzeuge betroffen.

Zusammenfassend ist besonders das hohe Gefahrenpotenzial für Mitarbeiter, die sich in Fahrzeugen befinden, im Vergleich zum Aufenthalt außerhalb von Fahrzeugen zu betonen. Sehr häufig von Unfällen betroffen sind Zugfahrzeuge von Ab-

sperrtafeln, wie sie zur Sicherung des Arbeitsbereiches in AkD eingesetzt werden, sowie selbst gesicherte Arbeitsfahrzeuge. Insbesondere bei Arbeiten auf dem rechten Fahrstreifen oder dem Standstreifen sind Unfallhäufigkeit und Unfallfolgen für die Betriebsdienstmitarbeiter besonders erhöht.

2.2 Anwendungsmöglichkeiten unbemannter Sicherungsfahrzeuge

Unbemannte, autonome Fahrzeuge sind als Transportfahrzeuge für Absperr- und Vorwarntafeln denkbar, welche dem Arbeitsfahrzeug bzw. der Arbeitsstelle selbstständig agierend in entsprechendem Abstand folgen. Nachfolgend dargestellte Anwendungsmöglichkeiten unbemannter Sicherungsfahrzeuge betrachten alle Fälle, bei denen ein Sicherheitsgewinn für die Mitarbeiter des Betriebsdienstes auf Autobahnen zu erwarten ist. Eine Reduktion des Personalbedarfs ist demnach ein Nebenaspekt, jedoch nicht explizite Zielsetzung.

1. Ersatz konventioneller, von Mitarbeitern besetzter Sicherungsfahrzeuge

In mobilen und wandernden AkD, bei denen sich gegenwärtig Mitarbeiter während der Leistungserbringung fortwährend oder überwiegend in den beteiligten Sicherungsfahrzeugen aufhalten müssen, könnten die selbstständig agierenden Sicherungsfahrzeuge die konventionellen Zugfahrzeuge der Absperr- und Vorwarntafeln ersetzen. Die Gefahr für Mitarbeiter, innerhalb von Sicherungsfahrzeugen zu verunglücken, ließe sich damit vermeiden.

2. Sicherung gegenwärtig selbst gesicherter Arbeitsfahrzeuge

Unbemannte Sicherungsfahrzeuge könnten in Arbeitseinsätzen verwendet werden, in denen sich gegenwärtig Arbeitsfahrzeuge selbst sichern. Dies ist in der Regel bei mobilen AkD auf dem Standstreifen, beispielsweise bei Mäh- oder Kehreinsätzen, der Fall. Dargestellte Unfallmuster und Einschätzungen der Praktiker bestätigen gleichermaßen ein sehr hohes Unfallpotenzial für diese Fahrzeuge (s. Kapitel 2.1). Es wird davon ausgegangen, dass sich Auffahrunfälle auf Arbeitsfahrzeuge verlagern würden, wenn man diese separat sichert. Der Aufprall würde in entsprechenden Unfällen meist auf das unbemannte Absperrfahrzeug erfolgen, weshalb ein deutlicher Sicherheitsgewinn für die Fahrer der Arbeitsfahrzeuge zu erwarten ist.

3. Sicherung der Streckenwartung

Analog zum Einsatz bei Arbeitsfahrzeugen auf dem Standstreifen erscheint eine verbesserte Absicherung in der Streckenwartung sinnvoll. Das Streckenwartfahrzeug könnte ebenfalls von einem unbemannten Absperrfahrzeug begleitet werden. Sowohl Analysen von Unfällen des Streckenwartungspersonals als auch Praktiker bestätigen einen höheren Sicherheitsbedarf für diese Mitarbeiter, insbesondere auch beim Aufenthalt im Fahrzeug (s. Kapitel 2.1).

4. In stationären AkD

In stationären AkD könnten autonome Sicherungsfahrzeuge ebenfalls eingesetzt werden. Die unbemannten Absperr- und Vorwarnfahrzeuge lassen sich wie konventionelle Sicherungsanhänger oder -Tafeln für die Dauer der Arbeitsstelle abstellen. Das Einrichten und Auf-

lösen der Absicherung lassen sich durch die unbemannten Fahrzeuge einfacher gestalten, wodurch sich die Unfallrisiken der Mitarbeiter im Moment des Aufstellens und Einholens der Sicherungsgeräte reduzieren. Außerdem könnten statische Vorwarngeräte, wie beispielsweise der kleine Blinkpfeil am linken Fahrbahnrand, im Schutze der unbemannten Sicherungsgeräte aufgestellt werden.

5. Beim Einrichten von Arbeitsstellen längerer Dauer (AID)

Weiterhin ist der Einsatz unbemannter Sicherungsgeräte beim Einrichten von Arbeitsstellen längerer Dauer (AID) denkbar. Die entsprechenden Absperr- und Vorwarngeräte könnten ebenfalls im Schutze der unbemannten Sicherungsfahrzeuge aufgestellt werden.

3 Technische Konzeption

Basierend auf Kapitel 2 werden im Folgenden mögliche technische Umsetzungen von automatischen Straßenfahrzeugen für den Straßenbetriebsdienst vorgestellt. Da es sich bei diesem Ergänzungsbericht nicht um die Realisierung eines konkreten Versuchsträgers handelt, bietet sich das Vorgehen nach dem „Systematischen Entwurf von Fahrerassistenzsystemen“ [MAURER 2009] an.

Der systematische Entwurf von Fahrerassistenzsystemen ist ein iterativer Prozess, der als zentrales Element den Kundennutzen betrachtet. In diesem Fall wird als Kundennutzen die Arbeitssicherheit der Mitarbeiter des Straßenbetriebsdiensts betrachtet.

In Bild 1 sind die einzelnen Phasen des Vorgehens dargestellt. Zunächst wird eine Funktionsdefinition erstellt. Diese wird anschließend auf ihre technische Machbarkeit überprüft. Die Betrachtung von Produktsicherheitsfragen bereits zu Beginn der Konzeptphase sorgt für die rechtzeitige Einbeziehung von Sicherheitsexperten. In der Phase „Human Factors“ werden Fragen der Ergonomie und der Mensch-Maschine-Interaktion diskutiert. Ebenfalls im frühesten Entwicklungsstadium werden die Fragen nach der Vermarktbarkeit des beschriebenen Produkts beantwortet. Die ausschließlich mit Expertenwissen entstandenen Dokumente können nun einer gemeinsamen Prüfung unterzogen werden. Ist das Ergebnis konsistent, so kann mit einer konkreten prototypischen Reali-

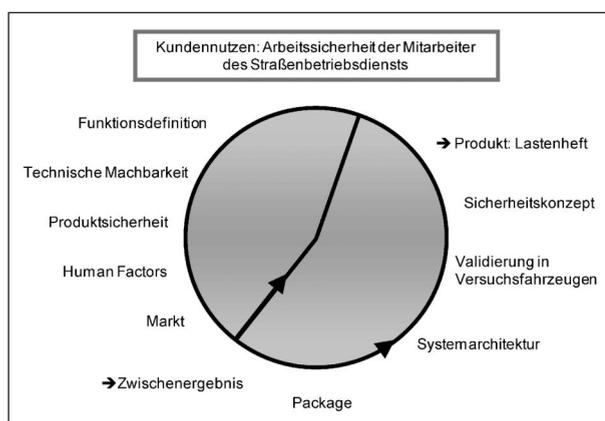


Bild 1: Prozess „Systematischer Entwurf von Fahrerassistenzsystemen“ (nach: MAURER [2009])

sierung des Systems begonnen werden. Wenn dies nicht der Fall ist, so wird dieser expertenbasierte Entwurfsschritt erneut mit einer angepassten Funktionsdefinition durchgeführt. Der Vorteil liegt hierbei in dem überschaubaren Aufwand für die jeweiligen Iterationsschleifen.

Bei einem konsistenten Zwischenergebnis werden zunächst Einbauorte im Fahrzeug ermittelt und anschließend Fragen der Systemarchitektur diskutiert. Eine prototypische Realisierung und Erprobung in Versuchsfahrzeugen können anschließend erfolgen. Abschließend werden erneut Sicherheitsfragen anhand der konkreten Realisierung diskutiert. Im Erfolgsfall stellt das Ergebnis ein Lastenheft dar, das es ermöglicht, das System bis zur Serienreife zu entwickeln.

Im Rahmen dieses Ergänzungsberichts wurde vereinbarungsgemäß nur der erste Teil des Vorgehens gemäß Bild 1 angewendet. Im Folgenden wird zunächst ein grober Überblick über verwandte Projekte gegeben und anschließend zwei mögliche Funktionsausprägungen diskutiert. Der Bereich „Markt“ wird dabei in Kapitel 4 behandelt.

3.1 Stand der Technik

Bei den in Kapitel 2 vorgestellten Einsatzszenarien handelt es sich vor allem um Formationsfahrten oder Folgefahrt-Szenarien auf der Autobahn. In der Vergangenheit wurden bereits Forschungsvorhaben zu diesen Themen durchgeführt. Viele beschränkten sich auf abgesperrte Testgelände oder zielten auf die Formationsfahrt im Agrarbereich. Im Folgenden werden einige kurz vorgestellt.

SARTRE – Safe Road Trains for the Environment

Das SARTRE-Projekt wird im Rahmen des 7. Rahmenprogramms der Europäischen Union gefördert. Es hat sich zum Ziel gesetzt, den Verbrauch von Fahrzeugen erheblich zu senken, indem diese zu einem Konvoi virtuell zusammengeschlossen werden. Dies soll in einer Fahrt im öffentlichen Straßenverkehr mit fünf Fahrzeugen im Jahr 2012 demonstriert werden [ROBINSON et al. 2010].

Bei SARTRE wird das Führungsfahrzeug durch einen professionellen Fahrer gefahren, während die Folgefahrzeuge vollständig automatisch geführt werden. Die Fahrer dieser Fahrzeuge sind nicht mehr in die Fahraufgabe eingebunden.

KONVOI – Entwicklung und Untersuchung des Einsatzes von elektrisch gekoppelten Lkw-Konvois auf Autobahnen

Das von 2005 bis 2008 durchgeführte BMBF-Projekt KONVOI zeigte, als Folgeprojekt zu den Forschungsprojekten PROMOTE CHAUFFEUR I/II der Europäischen Union, eine reale Konvoifahrt von fünf Lkw auf einer deutschen Autobahn. Die Fahrzeuge wurden mit automatischer Längs- und Querverführung sowie diversen Sensoren ausgestattet, um die Fahraufgabe meistern zu können. Neben den technischen Aufbauten wurden innerhalb dieses Projekts auch die Auswirkungen auf die Fahrer der Konvoifahrzeuge in einem Simulator untersucht. Ferner wurde eine Sicherheitsanalyse des Gesamtsystems sowie des Entwicklungsprozesses durchgeführt, um die Systemsicherheit nachweisen zu können [RAMAKERS et al. 2009].

EDA – Elektronische Deichsel für landwirtschaftliche Arbeitsmaschinen

Das Projekt EDA von 2008 bis 2010 beschreibt eine GPS-gestützte Formationsfahrt von Landmaschinen. Hierbei wird die Trajektorie, d. h. die Fahrlinie, des Führungsfahrzeugs über eine hochgenaue GPS-Lösung aufgezeichnet und via Funk an das Folgefahrzeug übertragen. Dieses folgt dem Führungsfahrzeug in einem definierten Abstand. Auf diese Weise ist es möglich, einen größeren Bereich des Feldes gleichzeitig zu bearbeiten. Das Sicherheitskonzept schließt die Plausibilisierung von Fahrzeugeigendaten und die Überwachung durch einen menschlichen Fahrer im Führungsfahrzeug ein [ZHANG et al. 2010].

3.2 System 1: Selbstfahrende Sicherungstafel

Das erste System stellt die Basisvariante eines automatischen Sicherungsfahrzeugs dar. Um die Mitarbeiter des Betriebsdienstes besser zu sichern, kann das System auch während des Einholens und Ausbringens von Verkehrszeichen und statischen Vorwarngeräten auf der Autobahn eingesetzt werden sowie als zusätzliche Absicherung verschiedener Einsätze.

Funktionsdefinition

Für dieses System wird ein Fahrzeug mit einer Sicherungstafel ausgerüstet. Dieses Fahrzeug ist in der Lage, einem Arbeitsfahrzeug (Führungsfahrzeug) im Abstand von 5 m bis 50 m zu folgen. Zusätzlich kann es an einer vorgegebenen Stelle abgestellt werden sowie nach einem erfolgten Einsatz nachgeholt werden, um wieder eine Kopplung mit dem Führungsfahrzeug einzugehen.

Technische Realisierung

Bild 2 stellt eine Übersicht über die technischen Komponenten des Systems dar. Zu sehen sind das Führungsfahrzeug sowie das mit einem Warnschild ausgerüstete Folgefahrzeug; die Fahrzeuge sind über ein Kommunikationssystem gekoppelt.

Das Führungsfahrzeug ist mit einem DGPS-Ortungssystem ausgestattet. Die so gewonnene Trajektorie wird an das Folgefahrzeug übermittelt. Kommuniziert wird zwischen den Fahrzeugen über eine gesicherte digitale Funkverbindung. Zusätzlich

zur Trajektorie werden über diesen Kanal auch Kommandos an das Folgefahrzeug übermittelt.

Das Folgefahrzeug kann auf Basis eines Kleinwagens oder eines Industrietransporters realisiert werden. Bei der Auswahl sollte Wert auf die digitale Ansteuerbarkeit von Längs- und Queraktuatoren gelegt werden, mit denen die Steuerungssignale in Längs- und Querbewegung umgesetzt werden. Ausgerüstet wird das Fahrzeug mit einem DGPS-Ortungssystem, mit dem die eigene Trajektorie mit der vom Führungsfahrzeug übermittelten verglichen wird. Zusätzlich werden eine Fahrstreifenenerkennung zur Plausibilisierung der eigenen Position sowie ein Kamerasystem zur Erkennung einer Markierung auf dem Führungsfahrzeug installiert. Mit Hilfe eines Abstandssensors (z. B. lasergestützte Abstandsmessung – LIDAR oder Ultraschall) wird der unmittelbare Frontbereich des Fahrzeugs überwacht. In diesem dürfen sich keine Hindernisse befinden.

Produktsicherheit

Da sich das automatische Fahrzeug im realen Straßenverkehr auf der Autobahn bewegen soll, ist besonderer Wert auf das Sicherheitskonzept zu legen. Für dieses Basis-System wird zunächst eine Überwachung durch einen menschlichen Fahrer im Führungsfahrzeug vorgesehen. Hier muss der Fahrer oder ggf. ein zusätzlicher Überwacher sicherstellen, dass das Folgefahrzeug die geplante Trajektorie abfährt und die eingegebenen Befehle befolgt. Denkbar ist auch die Übertragung des Videosignals der Kamera in das Führungsfahrzeug zur Verifikation von Befehlen.

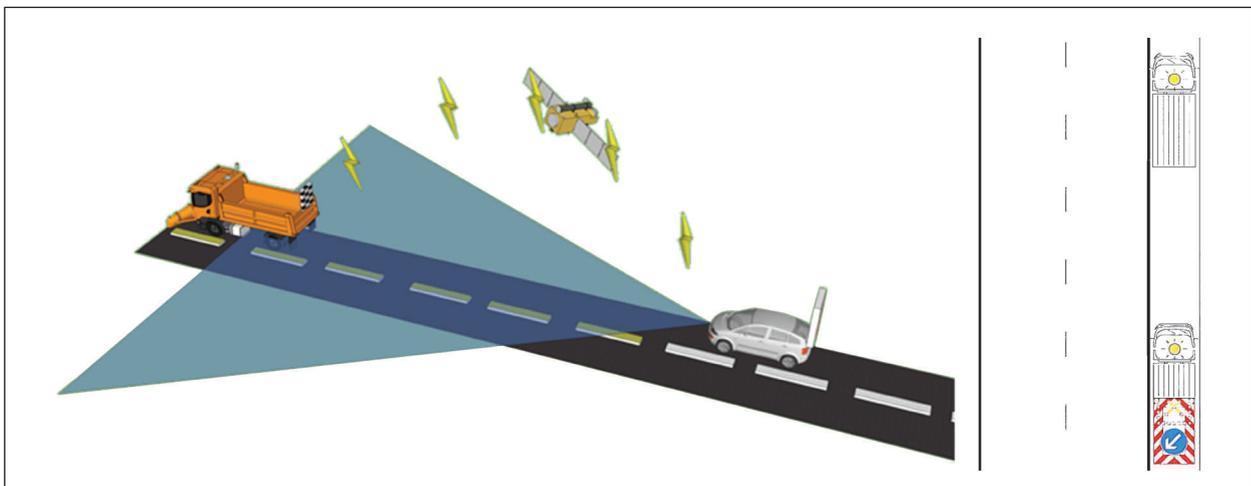


Bild 2: Darstellung der technischen Einrichtungen von System 1 und Einsatz gemäß Regelplänen der Richtlinien für die Absicherung von Arbeitsstellen (RSA) [BMVBS 2010a]

Das Folgefahrzeug bewegt sich mit, im Verhältnis zu den anderen Verkehrsteilnehmern, sehr geringer Geschwindigkeit. Dadurch ist es möglich, im Falle einer Fehlfunktion das Fahrzeug anzuhalten und auf einen manuellen Eingriff durch den Verantwortlichen aus dem Führungsfahrzeug zu warten.

Eine im Folgefahrzeug untergebrachte Überwachungseinheit sollte alle gemessenen Größen überwachen. Dabei sind nicht nur Bereichs-, Offset- und Zeitüberwachungen notwendig, sondern auch der Vergleich von gemessenen mit berechneten Werten.

Da die Übertragung von Kommandos und Statusinformationen zwischen den Fahrzeugen über einen Funkkanal geschieht, ist auf eine geeignete Verschlüsselung der Daten zu achten. Dritten darf es in keinem Fall ermöglicht werden, Zugriff auf die Kommandokanäle des Gespanns zu erhalten. Ferner darf die Verbindung zwischen den Fahrzeugen nicht abreißen. Hierzu könnte beispielsweise über die Kamera zur Mustererkennung sichergestellt werden, dass immer eine Sichtverbindung besteht.

Wird der Abstand zwischen den Fahrzeugen größer, ist damit zu rechnen, dass andere Verkehrsteilnehmer diesen Bereich nutzen. Dies sollte zu einem unmittelbaren Stopp der Kolonne führen.

Das Folgefahrzeug ist zu jeder Zeit an den Fahrstreifen des Führungsfahrzeugs gebunden. Dies lässt sich über die eingesetzte Fahrstreifenerkennung sowie die übermittelte GPS-Trajektorie überprüfen. Fehler des GPS-Empfangs können ebenfalls gegen die Fahrstreifenerkennung plausibilisiert werden.

Human Factors

Da das Folgefahrzeug ohne Fahrer fährt, ist vor allem im Führungsfahrzeug auf eine geeignete Gestaltung des Arbeitsplatzes zu achten. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass der Fahrer die Überwachungsaufgabe des Folgefahrzeugs neben seiner eigentlichen Arbeitsaufgabe (z. B. Mähen oder Reinigen der Fahrbahn) durchführen muss. Erst in praktischen ergonomischen Untersuchungen wird sich zeigen, ob der Fahrer in der Lage ist, die Überwachungsaufgabe selbst zu übernehmen, oder ob diese ein geschulter Beifahrer übernehmen sollte.

3.3 System 2: Selbstfahrende Absperr- und Vorwarnfahrzeuge

Für das zweite System wird ein erheblich erweiterter Aufgabenbereich vorgesehen. Hierbei soll eine gesamte Absicherungskolonne automatisiert werden, wie sie beispielsweise nach D III 2a/3a der RSA [BMVBS 2010a] vorgesehen ist (s. Bild 3). Der dabei erwartete Sicherheitsgewinn für die Mitarbeiter der Arbeitskolonne ist hier noch größer, da z. B. im Fall der genannten Absicherungspläne sich drei Mitarbeiter weniger im Gefahrenbereich befinden.

Funktionsdefinition

Das System automatisiert eine vollständige Absicherungskolonne bestehend aus einem Arbeitsfahrzeug (Führungsfahrzeug), einem Absperrfahrzeug und ggf. einem oder mehreren Vorwarnfahrzeugen (Folgefahrzeuge). Die Funktionsweise teilt sich in drei Bereiche ein:

1. An-/Abfahrt zur Arbeitsstelle über nicht öffentliche Betriebszufahrten bzw. direkte An-/Abfahrt auf der Autobahn;
2. Auf-/Abbau der Arbeitsstelle auf der Autobahn bei mind. 60 km/h;
3. Betrieb der Arbeitsstelle.

An-/Abfahrt zur Arbeitsstelle: Die Kolonne ist in der Lage, auf einer nicht öffentlichen Straße den Weg bis zur Autobahn automatisch zurückzulegen. Hierbei werden alle Fahrzeuge in einer geordneten Kolonne vom Arbeitsfahrzeug angeführt. Je nach baulichen Gegebenheiten (z. B. starker GPS-Abschattung) sollte die Strecke mit zusätzlichen technischen Einrichtungen ausgerüstet werden.

Auf-/Abbau der Arbeitsstelle: Ausgehend von einem Standstreifen oder einem Parkplatz nahe am Arbeitsplatz beginnt die Kolonne den Aufbau der Arbeitsstelle. Hierbei fahren alle Fahrzeuge in entsprechender Reihenfolge in den Verkehr ein, führen ggf. Fahrstreifenwechsel gemeinsam durch und bremsen nach Erreichen der Formation auf die gewünschte Arbeitsgeschwindigkeit herunter.

Betrieb der Arbeitsstelle: Während des Betriebs hält die Kolonne die gewünschte Formation. Bedingt durch Anschlussstellen oder andere geografische Gegebenheiten, sind die Abstände zwischen den Fahrzeugen und die Trajektorien der einzelnen Fahrzeuge ggf. anzupassen.

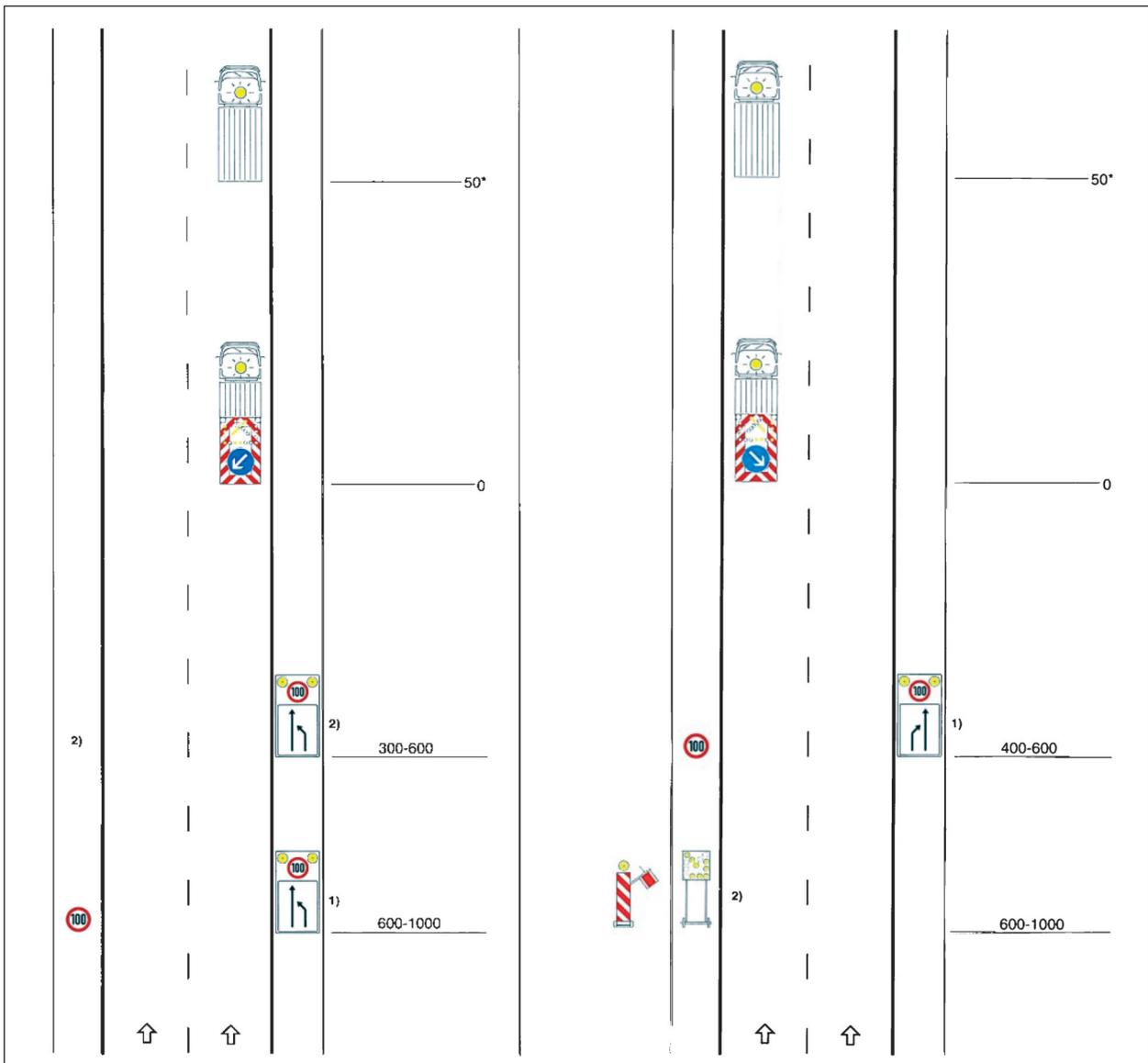


Bild 3: Absicherung beweglicher Arbeitsstellen gemäß Regelplänen D III 2a (links) und D III 3a (rechts) der RSA [BMVBS 2010a]

Technische Realisierung

Bild 4 zeigt eine Übersicht über die technischen Teilsysteme, die für den Betrieb von System 2 benötigt werden. Hierbei ist exemplarisch eine Kolonne mit einem Führungsfahrzeug und zwei Folgefahrzeugen dargestellt. Gegenüber dem System 1 ist eine ganze Reihe von zusätzlichen technischen Systemen notwendig. Die Grundlage für den Betrieb stellt eine genaue digitale Karte des Einsatzgebiets dar. In ihr sind die Lage der Fahrstreifen, statische Hindernisse sowie sog. Eventflächen, z. B. Ende eines Standstreifens, Beginn Verzögerungstreifen etc., verzeichnet, bei deren Erreichen bestimmte Ereignisse ausgelöst werden. Denkbar sind hier z. B. Übergaben zum manuellen Weiterbetrieb (z. B. an Anschlussstellen) oder auch Not-

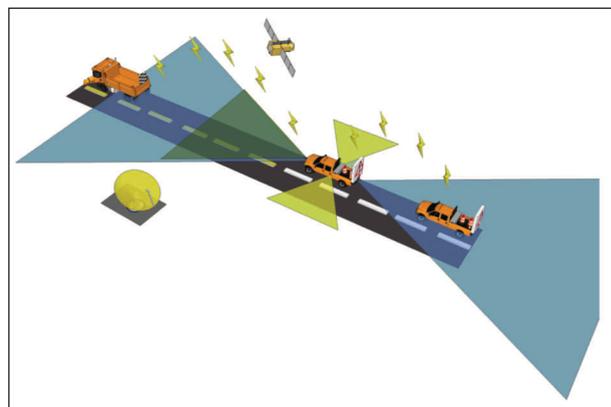


Bild 4: Darstellung der technischen Einrichtungen von System 2

halte. Zur Nutzung dieser Informationen ist zwingend ein DGPS-Ortungssystem mit Inertialnavigation notwendig, d. h. einem Sensorsystem, mit des-

sen Hilfe die Messung von Bewegungen von im Raum frei beweglichen Körpern unabhängig von jeglichen Ortungssignalen aus der Umgebung möglich ist [Wikipedia 2011], um die gewünschte Genauigkeit zu erreichen. Da die Abstände innerhalb der Kolonne bis zu einem Kilometer betragen können und nicht immer eine Sichtverbindung gewährleistet ist, wird eine erhöhte Verfügbarkeit der Kommunikation zwischen den Fahrzeugen notwendig. Hierbei werden zunächst die beteiligten Fahrzeuge so ausgerüstet, dass sie Informationen vervielfältigen und weiterleiten können. Darüber hinaus wird ein zweiter Kommunikationskanal zur Absicherung notwendig. Denkbar ist hier der Einsatz eines digitalen Kanals innerhalb des digitalen BOS-Funks oder des Betriebsfunks.

Die genaue Position des Führungsfahrzeugs wird permanent an die Kolonne übertragen, anhand derer die Folgefahrzeuge ihren Abstand erneut bestimmen und ggf. Anpassungen der eigenen Position einleiten. Zusätzlich stellt der Kommunikationskanal auch die Basis dar, um Kommandos an die Folgefahrzeuge sowie Status-Informationen von den Folgefahrzeugen an das Führungsfahrzeug zu senden. Zur Freigabe von Sonder-Manövern (z. B. Überfahren von Anschlussstellen) kann bei Bedarf ein Video-Bild in das Führungsfahrzeug übertragen werden.

Zur Stützung der Ortung wird zusätzlich eine Fahrstreifenenerkennung eingesetzt. Im Falle eines unmittelbar folgenden Folgefahrzeugs sind das Führungsfahrzeug erneut mit einem Muster und das Folgefahrzeug mit einer Mustererkennung versehen. Diese Daten lassen sich zur Stützung der Ortung einsetzen.

Bei beiden Systemen ist gemäß RSA derzeit ein Lkw als Trägerfahrzeug für die Absperrereinheit vorgesehen, da die Absperrfahrzeuge nicht nur die Aufgabe haben zu warnen, sondern auch als Fangfahrzeuge bei möglichen Unfällen fungieren sollen. Es ist zu überdenken, ob dies auch bei unbesetzten Absperrfahrzeugen einen Sicherheitsgewinn in der Arbeitsstelle darstellt. Bei der Auswahl der Fahrzeuge ist eine geeignete digitale Ansteuerung der Aktorik (Gas, Bremse, Lenkung) Voraussetzung. Da durch das Fehlen eines Fahrers in den Folgefahrzeugen kein physikalischer Zugriff mehr auf die Absperr- und Vorwarntafel möglich ist, sind sie mit einer ferngesteuerten Anzeigetafel ausgerüstet. Der Inhalt kann durch das Führungsfahrzeug bestimmt werden.

Da die Funktionsbeschreibung auch das Navigieren in fließendem Verkehr während des Auf- und Abbaus der Arbeitsstelle vorsieht, ist eine 360°-Sicht um das Fahrzeug mit einer Fokussierung auf den Front- und Heckbereich der Folgefahrzeuge zwingend notwendig. Die Sensorbereiche müssen redundant hinsichtlich Abdeckungsreich und Sensortechnologie ausgelegt werden.

Produktsicherheit

Da sich das automatische Fahrzeug im realen Straßenverkehr auf der Autobahn bewegen soll, ist besonderer Wert auf Sicherheit zu legen. Die gesamte Kolonne wird durch das Führungsfahrzeug dauerhaft überwacht. Zusätzlich zum Fahrer wird ein „Operator“ eingeführt. Dieser überwacht permanent den Zustand der Kolonne und kann Änderungen an der Formation vornehmen oder z. B. Freigaben für Manöver erteilen.

Durch die Fahrt im fließenden Verkehr ist der in System 1 immer verfügbare sichere Zustand „Stehen bleiben“ nicht in allen Fällen verfügbar. Auf dem Standstreifen ist dies nach wie vor das bevorzugte Mittel, da hier niedrige Geschwindigkeiten angenommen werden können. Während der Fahrt auf einem Fahrstreifen ist, sofern die Schätzung des Eigenzustands dies zulässt, ein Wechsel auf den Standstreifen einem sofortigen Haltemanöver vorzuziehen.

Eine in allen Folgefahrzeugen untergebrachte Überwachungseinheit überwacht alle gemessenen Größen. Dabei sind nicht nur Bereichs-, Offset- und Zeitüberwachungen notwendig, sondern auch der Vergleich von gemessenen mit berechneten Werten.

Da die Übertragung von Kommandos und Statusinformationen zwischen den Fahrzeugen über einen Funkkanal geschieht, ist auf eine geeignete Verschlüsselung der Daten zu achten. Dritten darf es in keinem Fall ermöglicht werden, Zugriff auf die Kommandokanäle des Gespanns zu erhalten und die Steuerung zu manipulieren. Ferner sollte die Verbindung zwischen den Fahrzeugen niemals abreißen. Durch den Einsatz eines redundanten Funkkanals sowie durch die Repeater-Eigenschaft der Folgefahrzeuge soll dies sichergestellt werden.

Da der Abstand zwischen den Fahrzeugen bis zu einem Kilometer betragen kann, ist damit zu rechnen, dass andere Verkehrsteilnehmer den Bereich

auf dem Standstreifen zwischen den Fahrzeugen nutzen. Dies sollte zu einem unmittelbaren Stopp des betreffenden Folgefahrzeugs auf dem Standstreifen führen. Der Operator muss dann über das weitere Vorgehen entscheiden. Denkbar wäre hier ein Überholmanöver auf dem rechten Fahrstreifen.

Die Position der Folgefahrzeuge muss sich zu jedem Zeitpunkt mit der Realität decken, um die Vorteile einer digitalen Karte nutzen zu können. Hierzu ist die DGPS-Position mit einer Fahrstreifen-erkennung, der Inertialplattform zur Bewegungsmessung und ggf. mit einer Mustererkennung am Führungsfahrzeug abzugleichen und zu einer gemeinsamen Position zu fusionieren.

Die digitale Karte stellt einen Ankerpunkt innerhalb der Sicherheitsüberlegungen dar. Sie legt fest, welche Bereiche von den Fahrzeugen befahren und welche nicht befahren werden dürfen. Zusätzlich sind Eventflächen vorgesehen, bei deren Erreichen ein Eingriff des Operator im Führungsfahrzeug notwendig oder ein besonderes Fahrmanöver ausgelöst wird.

Human Factors

Da die Folgefahrzeuge ohne Fahrer fahren, ist vor allem im Führungsfahrzeug auf eine geeignete Gestaltung des Arbeitsplatzes zu achten. Der Operator muss mit einem Human Machine Interface (HMI) versorgt werden, das ihn alle erforderlichen Aufgaben intuitiv erfüllen lässt. Hierbei ist zusätzlich darauf zu achten, dass der Operator während der Phasen, in denen keine Aktion von ihm erforderlich ist, dauerhaft aufmerksam bleibt.

4 Nutzenpotenziale

4.1 Steigerung der Mitarbeiter - sicherheit

Reduktion verunglückter Mitarbeiter beim Aufenthalt in Fahrzeugen

Durch den Einsatz unbemannter Sicherungsfahrzeuge als Ersatz konventioneller, von Mitarbeitern besetzter Zugfahrzeuge für Absperrtafeln sowie als erweiterte Absicherung von gegenwärtig selbstgesicherten Arbeitsfahrzeugen auf dem Standstreifen und bei der Streckenwartung lässt sich die Gefahr für Mitarbeiter, innerhalb von Fahrzeugen zu verunglücken, reduzieren. Um diese Sicherheitssteige-

rung für Mitarbeiter in AkD quantifizieren zu können, werden die Unfallauswertungen von ROOS et al. [2008] (s. Kapitel 2.1) herangezogen. In Tabelle 1 (s. Kapitel 2.1) ist die Anzahl verunglückter Mitarbeiter bei Unfällen in Fahrzeugen auf die Lage der Absperrung im Querschnitt bezogen. Hiermit lässt sich die Anzahl an Mitarbeitern, deren Verunglücken bei Aufenthalt innerhalb von Fahrzeugen durch den Einsatz unbemannter Absperr- und Vorwarnfahrzeuge zu verhindern gewesen wäre, abschätzen.

Es werden die Mitarbeiter betrachtet, welche in AkD bei Sperrung des linken oder rechten Fahrstreifens oder dem Standstreifen im Fahrzeug verunglückten. Summiert ergeben sich 114 verunglückte Mitarbeiter. Mitarbeiter, die in Unfällen bei der Sperrung aller Fahrstreifen sowie neben der Fahrbahn zu Schaden kamen, werden in die weitere Berechnung nicht einbezogen, da unklar ist, ob dieser Unfallhergang durch den Einsatz unbemannter Fahrzeuge zu verhindern gewesen wäre. Bei Sperrung des mittleren Fahrstreifens kam es zu keinen Unfällen mit verunglückten Mitarbeitern. Mitarbeiter, die in Unfällen mit unbekannter Lage der AkD im Querschnitt verunglückten, werden ebenfalls ausgenommen, gleichwohl diese ggf. relevant sein könnten. In Tabelle 1 ist nicht präzisiert in welchen Fahrzeugen die Mitarbeiter verunglückt sind. Aufgrund der erläuterten Unfallmuster wird davon ausgegangen, dass in 80 % der Fälle der Unfall auf ein Sicherungsfahrzeug erfolgte bzw. bei gegenwärtig selbst gesicherten Fahrzeugen sich der Aufprall entsprechend verlagern würde. Somit wären durch den Einsatz unbemannter Sicherungsfahrzeuge 91 verunglückte Mitarbeiter zu vermeiden gewesen. Dies sind ca. 70 % aller in Fahrzeugen Verunglückten sowie rund die Hälfte der insgesamt in den betrachteten Unfällen in AkD auf Autobahnen verunfallten Mitarbeiter.

Der Wert vermeidbarer Verunglückter bezieht sich auf den durch ROOS et al. [2008] betrachteten Untersuchungszeitraum von acht Jahren und berücksichtigt 14 deutsche Bundesländer (s. Kapitel 2.1). Um die fehlenden Bundesländer ebenfalls zu berücksichtigen, wird davon ausgegangen, dass hier 10 % der in Deutschland auf Autobahnen in AkD verunfallten Betriebsdienstmitarbeiter auftreten.¹

¹ Diese Annahme begründet sich in der Tatsache, dass in Brandenburg und Thüringen 10 % des gesamtdeutschen Autobahnnetzes liegen (Netzlängen gemäß BMVBS [2010b]).

Es ergeben sich somit jährlich ca. 13 vermeidbare Verunglückte in AkD auf dem gesamten deutschen Autobahnnetz.

Aufgrund der Unfallmuster ist anzunehmen, dass bereits durch den Einsatz unbemannter Absperrfahrzeuge in Verbindung mit konventionellen Vorwarnfahrzeugen diese Mitarbeiter weitestgehend nicht verunglückt wären. Von Bedeutung ist dies aufgrund der verschiedenen technischen Konzeptionsmöglichkeiten unbemannter Absicherung (s. Kapitel 3) und im Hinblick auf den zu erwartenden Ausstattungsgrad unbemannter Fahrzeuge innerhalb der Meistereien.

Insgesamt handelt es sich bei den dargestellten Berechnungen des Umfangs vermeidbarer Verunglückter nur um eine erste grobe Abschätzung. Die vorhandenen Unfallprotokolle für die in Kapitel 2.1 dargestellten Unfallhäufigkeiten und -muster waren nicht komplett. Es kann somit deutlich mehr vermeidbare Verunglückte geben, welche bei der vorhandenen Datenlage nicht ermittelt werden können. Insbesondere ist zu bedenken, dass verunglückte Mitarbeiter von Fremdunternehmern, welche beispielsweise häufig für Schutzplanckenreparaturen eingesetzt werden, nicht berücksichtigt sind.

Weitergehende Sicherheitssteigerung in Arbeitsstellen kürzerer Dauer

Neben der dargestellten Reduktion der Anzahl an Betriebsdienstmitarbeitern, die beim Aufenthalt innerhalb von Fahrzeugen verunglücken, kann durch den umfassenden Einsatz unbemannter Fahrzeuge das Verunglücken von Betriebsdienstmitarbeitern in AkD auch in anderen Fällen vermieden werden:

Unbemannte Fahrzeuge können auch in stationären AkD sowie beim Einrichten von AID einen Sicherheitsgewinn für die Mitarbeiter bieten. Beim Aufstellen oder Einholen von Sicherungsgeräten befinden sich Mitarbeiter außerhalb von Fahrzeugen und nicht im Schutze von Sicherungseinrichtungen. Diese Phase der AkD ist somit als besonders gefährlich einzuschätzen. In Kapitel 2.1 ist dargestellt, dass die wenigen Unfälle, bei denen ein Ein- oder Aussteigen des betroffenen Mitarbeiters explizit bekannt war, erhebliche Unfallfolgen mit sich brachten. Vorgenannte Sicherheitssteigerung ist insbesondere auch beim Einrichten und Auflösen von AkD auf Richtungsfahrbahnen ohne Standstreifen zu betonen. Das Aufstellen von sta-

tischen Vorwarneinrichtungen unmittelbar am Fahrbahnrand kann im Schutz unbemannter Absperrfahrzeuge erfolgen. Ein zahlenmäßiges Abschätzen insgesamt reduzierbarer Unfälle ist jedoch mit den verfügbaren Daten zu Unfallhäufigkeiten und -mustern nicht möglich, da Mitarbeiter, die beim Aufstellen oder Entfernen von Sicherheitseinrichtungen verunfallten, in der Gruppe der außerhalb von Fahrzeugen Verunglückten erfasst sind.

Auch die geänderten Rahmenbedingungen bei der Anwendung von unbemannten Sicherungsgeräten können in verschiedenen Aspekten zu einer Sicherheitssteigerung für Mitarbeiter beitragen. Beispielsweise könnte es aufgrund der flexibleren Gestaltung von Arbeitsstellen bei der Verwendung unbemannter Sicherungsfahrzeuge auch im Rahmen von Leistungsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit vertretbar sein, viele der am Mittelstreifen anfallenden Tätigkeiten in entsprechend gesicherten wandernden Arbeitsstellen zu erbringen, anstatt diese durch die Fahrbahn querende Mitarbeiter durchführen zu lassen. Weiterhin würden bei der Verwendung unbemannter Arbeitsstellensicherungen keine Leistungen durch Fahrer von Sicherungsfahrzeugen „nebenbei“ erbracht. Das hierzu notwendige Aussteigen ist als besonders gefährlich zu betrachten. Aufgrund des geringeren Personalbedarfs in der Sicherung von AkD ist es vertretbar, diese Leistungen gezielt in entsprechenden Einsätzen zu erbringen.

Insgesamt ist zu erwarten, dass unbemannte Fahrzeuge die Möglichkeit bieten, ein konstantes Sicherheitsniveau zu etablieren und fortwährend zu gewährleisten. In der gegenwärtigen Praxis stellt die Verfügbarkeit von Personal durchaus einen begrenzenden Faktor bei der Sicherung von AkD dar. Wenn unbemannte Sicherungsfahrzeuge zur Verfügung stehen, kann der Umfang sinnvoller Absicherungen neu überdacht werden und sie lassen sich unabhängig von verfügbaren Personalressourcen betreiben. Beispielsweise könnten stets zwei statt einem Vorwarner zum Einsatz kommen. Die hierdurch verbesserte Wahrnehmbarkeit der Arbeitsstelle könnte Unfallhäufigkeiten reduzieren und somit sowohl für Betriebsdienstmitarbeiter als auch Verkehrsteilnehmer die Sicherheit in AkD erhöhen. Alle dargestellten möglichen Sicherheitssteigerungen für Betriebsdienstpersonal gelten auch für Mitarbeiter von Fremdunternehmern des Betriebsdienstes und vervielfältigen dementsprechend den Nutzen unbemannter Sicherungsfahrzeuge.

4.2 Optimierung von Personaleinsatz und Arbeitsorganisation

Durch die Anwendung unbemannter, selbstständig agierender Sicherungsfahrzeuge ist die Reduktion des Personalbedarfs in der Sicherung von AkD möglich. Kapitel 2.1 zeigt den hohen Mitarbeiterbedarf in mobilen und wandernden Arbeitsstellen sowie die geringe Bedeutung der Mitarbeiter in den Sicherungsfahrzeugen für die Leistungserbringung in der Arbeitsstelle. Es bieten sich deutliche Optimierungspotenziale durch einen anderweitigen Einsatz dieser Mitarbeiter. Folgende Reduktionen im Mitarbeiterbedarf einer AkD sind möglich:

- Mitarbeiter zum Mitführen von Vorwarneinrichtungen können generell entfallen.
- Der Fahrer des (ersten) Absperrfahrzeugs in der konventionellen Sicherung auf Fahrstreifen wird anderweitig eingesetzt oder kann gegebenenfalls entfallen:
 - In mobilen AkD kann dieser Mitarbeiter die notwendige Koordination der unbemannten Sicherungsfahrzeuge übernehmen (s. Kapi-

tel 3) und wird hierzu zusätzlich im Arbeitsfahrzeug platziert.

- In wandernden AkD kann dieser Mitarbeiter ebenfalls im Arbeitsfahrzeug platziert werden. Er kann die Koordination der Sicherungsfahrzeuge übernehmen und als zweite Person für die Leistungserbringung im Arbeitsfahrzeug eingeplant werden.
- Sofern die jeweilige Leistung und die Konzeption der unbemannten Fahrzeuge es zulassen, ist in wandernden AkD evtl. kein zweiter Mitarbeiter notwendig, sodass sowohl Leistung als auch Sicherungskoordination von nur einer Person erbracht werden können.
- Ein Mitarbeiter zum Mitführen eines zweiten Absperrfahrzeugs kann entfallen.
- Das Mitführen eines Absperrfahrzeugs auf dem Standstreifen erfordert keinen separaten Mitarbeiter.

Tabelle 2 zeigt eine Gegenüberstellung des Mitarbeiterbedarfs bei konventioneller Sicherung und

Lage und Art der AkD	konventionelle Sicherung		unbemannte Sicherung	
	Mitarbeiterbedarf (Personen)	Aufenthaltsort	Mitarbeiterbedarf (Personen)	Aufenthaltsort
äußerer Fahrstreifen mobil	1 Leistung	Arbeitsfahrzeug	1 Leistung	Arbeitsfahrzeug
	1 Sicherung	Absperrfahrzeug	1 Sicherung	
	2 Sicherung	Vorwarner		
	4 Personen		2 Personen	
äußerer Fahrstreifen wandernd	1-2 Leistung*	Arbeitsfahrzeug	1 Leistung	Arbeitsfahrzeug
	1 Sicherung (+ Leistung*)	Absperrfahrzeug	1 Sicherung + Leistung	
	2 Sicherung	Vorwarner	alternativ:	
			1 Sicherung + Leistung	Arbeitsfahrzeug
	4-5 Personen		1-2 Personen	
innerer Fahrstreifen mobil	wie äußerer FS mobil		wie äußerer FS mobil	
	ggf. Hinzunahme eines zweiten Absperrfahrzeugs			
	+ 1 Sicherung	zweites Absperrf.	(kein weiterer Mitarbeiter für 2tes Absperrf.)	
	5 Personen		2 Personen	
innerer Fahrstreifen wandernd	wie äußerer FS		wie äußerer FS	
	ggf. Hinzunahme eines zweiten Absperrfahrzeugs			
	+ 1 Sicherung	zweites Absperrf.	(kein weiterer Mitarbeiter für 2tes Absperrf.)	
	5-6 Personen		1-2 Personen	
Standstreifen	1 Leistung + Sicherung	Arbeitsfahrzeug	1 Leistung + Sicherung	Arbeitsfahrzeug
	selbstgesichert!		zusätzliches Sicherungsfahrzeug!	
	1 Person		1 Person	

* Es werden in Abhängigkeit der Leistung 1-2 Personen im Arbeitsfahrzeug eingeplant. Der Mitarbeiter im Absperrfahrzeug kann aufgrund der räumlichen Entfernung nur eingeschränkt für die Leistungserbringung herangezogen werden (s. Kapitel 2.1).

Tab. 2: Mitarbeiterbedarf bei konventioneller und unbemannter Sicherung von AkD

dem Einsatz unbemannter Fahrzeuge. Es werden mobile und wandernde AkD auf innerem und äußerem Fahrstreifen und dem Standstreifen betrachtet. Es zeigt sich ein deutlich reduzierter Mitarbeiterbedarf bei Arbeitsstellen auf den Fahrstreifen durch die Anwendung unbemannter Sicherheitsfahrzeuge. Das Sicherheitsniveau im Arbeitsbereich ist aufgrund der gleichen Anzahl verwendeter Sicherungsgeräte zumindest äquivalent. Bei AkD auf dem Standstreifen ist sogar von einer deutlichen Sicherheitssteigerung bei gleichbleibendem Personalbedarf zu sprechen.

Mitarbeiterbedarf und Sicherheitsniveau bedingen sich in der konventionellen Sicherung gegenseitig und können kaum separat betrachtet werden. Das empfohlene Sicherheitsniveau, welches den Vergleichen in Tabelle 2 zugrunde liegt, wird in der gegenwärtigen Praxis nicht immer erreicht. Wie die Praxis zeigt, werden verschiedene Leistungen teils sehr unterschiedlich gesichert oder „nebenbei“ erbracht. Außerdem kommen bei mobilen und wandernden Arbeitsstellen vermutlich nicht immer konsequent zwei Vorwarnfahrzeuge zum Einsatz. Der Einsatz unbemannter Sicherheitsfahrzeuge bietet neben dem geringeren Personalbedarf für die Arbeitsstellensicherung auch einen reduzierten Aufwand beim Einrichten und Auflösen der Arbeitsstellen. In stationären Arbeitsstellen können aufwändige Umfahrten für das Einholen von Sicherungsgeräten entfallen. Hieraus können sich je nach Streckensituation deutliche Zeitersparnisse ergeben. Aufgrund des geringeren Aufwands zum Einrichten der Sicherung ist insgesamt eine flexiblere Gestaltung der Arbeitsorganisation möglich.

4.3 Weitere Vorteile

Erleichterungen in der Durchführung verkehrsoptimierender Maßnahmen

Wie erläutert, lassen sich durch den Einsatz unbemannter Fahrzeuge Arbeitsstellen und deren Einrichten und Abbauen flexibler gestalten und erfordern weniger Mitarbeiter bei gleichbleibendem Sicherheitsniveau. Diese Vorteile unbemannter Sicherheitsfahrzeuge lassen sich auch für die Durchführung von Maßnahmen nutzen, welche eine Optimierung des Verkehrsflusses bzw. Staureduktionen zum Ziel haben.

- Durch ein flexibles Beenden und wieder Einrichten von AkD lassen sich aufkommende Verkehrsstauungen vermeiden bzw. können zeitnah

wieder aufgelöst werden. Bei gegenwärtigen Randbedingungen sind ein allzu flexibles Einrichten und Auflösen von mobilen oder wandernden AkD aus Sicht optimierter Leistungserbringung kaum zu vertreten, da die vielen für die Sicherung beteiligten Mitarbeiter in diesen Zeiten unproduktiv abwarten müssen. Beim Einsatz unbemannter Sicherheitsfahrzeuge warten weniger Mitarbeiter. Eventuell kann sogar kurzfristig anderswo eine Arbeitsstelle eingerichtet werden, da der Auf- und Abbau der Sicherung vereinfacht ist. In stationären AkD schränkt der Aufwand des Aufstellens und Einholens von Sicherungsgeräten aufgrund nötiger Umfahrten die Möglichkeiten flexiblen Handelns ein. Auch hier wäre der Einsatz unbemannter Sicherungsgeräte von Vorteil.

- Weiterhin bieten unbemannte Absperrfahrzeuge Vorteile für die Anwendung der so genannten Absicherung mit Linkseinzug bei Sperrung des rechten Fahrstreifens. Hierbei wird der gesamte Verkehr zunächst auf den rechten Fahrstreifen konzentriert und dann gesammelt auf den linken Fahrstreifen verschwenkt, weshalb dieses Vorgehen auch als Absicherung mit Verschwenkung bezeichnet wird. Es ergibt sich eine Verflechtung des schnelleren Verkehrsstroms des linken Fahrstreifens mit dem langsameren Strom auf dem rechten Fahrstreifen. Allerdings erfordert diese vorgelagerte Sperrung des linken Fahrstreifens in mobilen und wandernden AkD einen weiteren Mitarbeiter in der Sicherung der Arbeitsstelle, welcher außerdem relativ unfallgefährdet positioniert ist. Durch ein unbemanntes Fahrzeug ist die Einrichtung eines Linkseinzugs unproblematischer möglich.
- Gegebenenfalls können unbemannte Sicherheitsfahrzeuge auch in Nachtbaustellen vorteilhaft zum Einsatz kommen. Bewegliche Arbeitsstellen sind gemäß gültigen Regelwerks bei Dunkelheit nicht vorgesehen und aufgrund zahlreicher geforderter Vorwarngeräte und Verkehrszeichen rechts- und linksseitig nur mit großem Aufwand regelkonform durchführbar. Allerdings kann die Verwendung unbemannter Sicherheitsfahrzeuge das Einrichten von Nachtbaustellen erleichtern und sicherer gestalten. Statische Verkehrszeichen und Vorwarngeräte können durch den Fahrer des Arbeitsfahrzeugs im Schutze eines unbemannten Absperrfahrzeugs, welches ihn begleitet, aufgebaut werden.

Eine Verbesserung der Arbeitssicherheit in Nachtbaustellen steigert sicherlich deren Akzeptanz. Das vermehrte Einrichten von AkD in verkehrsärmeren Zeiten vermindert wiederum Verkehrsstaus.

Sicherheitssteigerung für Verkehrsteilnehmer

Wie bereits erwähnt, lässt sich durch die geänderten Rahmenbedingungen bei der Verwendung unbemannter Sicherheitsfahrzeuge das Sicherheitsniveau in AkD steigern. Der konsequente Einsatz von zwei Vorwarngeräten kann durch die verbesserte Wahrnehmung der Arbeitsstelle die Sicherheit auch für Verkehrsteilnehmer erhöhen. Darüber hinaus ist es gegebenenfalls möglich, über die technischen Komponenten der unbemannten Fahrzeuge eine zusätzliche Sicherheitssteigerung für Verkehrsteilnehmer zu erreichen. Das unbemannte Fahrzeug erfasst über die zahlreichen Umfeldsensoren die umgebenden Verkehrsteilnehmer. Hierdurch ist es ggf. machbar, Fahrzeuge zu erkennen, welche sich zu schnell beziehungsweise ungebremst oder nicht ausreichend gebremst dem Sicherungsfahrzeug nähern. Das unbemannte Fahrzeug könnte entsprechend reagieren und ggf. einen drohenden Auffahrunfall vermeiden oder zumindest dessen Folgen reduzieren.

Unbemannte Fahrzeuge im Betriebsdienst als Pilotprojekt des unbemannten Fahrens in anderen Bereichen

Neben den unmittelbaren Vorteilen für den Straßenbetriebsdienst kann die Implementierung unbemannter Sicherungsfahrzeuge als ein umfassendes Pilotprojekt für unbemanntes Fahren im Allgemeinen bzw. für den Einsatz in anderen Branchen dienen. Durch das Betriebsdienstpersonal ist ein definierter, geschlossener Anwenderkreis entsprechender Fahrzeuge gegeben. Die Mitarbeiter stellen routinierte Personen im Verhalten auf Autobahnen dar und können für die Anwendung unbemannter Absperr- und Vorwarnfahrzeuge speziell geschult werden. Insofern kann im Bereich des Betriebsdienstes ein ideales Testfeld unbemannter Fahrzeuge gesehen werden. Dies kann u. a. rechtliche und technische Fragestellungen betreffen.

4.4 Nachteilige Aspekte

Nachteilige Bewertungen von Seiten des Betriebsdienstes

Die Entwicklung des Systems könnte an zu hohen Entwicklungskosten scheitern. Weiterhin können nur dann alle dargestellten Vorteile der unbemannten Sicherungsfahrzeuge genutzt werden, wenn ein hoher Ausstattungsgrad unbemannter Absperr- und Vorwarnfahrzeuge in den Meistereien vorliegt. Aufgrund hoher zu erwartender Anschaffungskosten könnte dies problematisch sein.

Durch das Betriebsdienstpersonal wurde angegeben, dass Leistungen, z. B. das Einsammeln von Abfällen oder Richten von Leitpfosten, auch „nebenbei“ durch Fahrer der Sicherungsfahrzeuge erbracht werden. Diese Praxis ist durch den Einsatz unbemannter Sicherungsfahrzeuge nicht mehr möglich. Es könnte von den Meistereien als Mehraufwand empfunden werden, dass diese Leistungen nun gezielt angeordnet werden müssen.

Weiterhin könnten mögliche Mitarbeiterersparungen von Seiten des Betriebsdienstpersonals als nachteilig gesehen werden, da sich Mitarbeiter um ihren Arbeitsplatz sorgen. Hierin besteht die Gefahr von Widerständen gegen das System auch von Seiten der eigentlichen Nutzer. Demnach sollte geklärt werden, wie die Mitarbeiter anderweitig eingesetzt werden können.

Nachteilige Auswirkungen für die Verkehrsteilnehmer

Durch den Einsatz unbemannter Sicherungsfahrzeuge entfällt in wandernden Arbeitsstellen die Möglichkeit eines linkseitigen Aufstellens des kleinen Blinkpfeils oder anderweitiger Vorwarngeräte. Diese werden gegenwärtig durch die Fahrer der Vorwarnfahrzeuge mitgeführt und aufgestellt. Dies kann durch unbemannte Fahrzeuge nicht geleistet werden, ggf. sind auch hierfür automatisch fahrende Vorwarngeräte einsetzbar. Ein linksseitiges Wiederholen von Vorwarneinrichtungen ist bei Sperrung des linken Fahrstreifens vorgesehen und insbesondere dann sinnvoll, wenn Vorwarneinrichtungen auf dem Standstreifen aufgrund hoher Schwerverkehrsbelastung für die linksseitigen Verkehrsteilnehmer verdeckt werden. Der Einsatz eines zweiten Absperrfahrzeugs kann den Wegfall der linksseitigen Vorwarnung nur unzureichend kompensieren. Inwieweit es hierdurch tatsächlich

zu einem vermehrten Unfallrisiko kommt, kann jedoch nicht abgeschätzt werden. In Bezug auf die Sicherheit der Betriebsdienstmitarbeiter ist es ohnehin nicht unkritisch zu betrachten, dass in wandernden AkD die linksseitigen Vorwarneinrichtungen durch Überqueren der Fahrbahn aufgestellt und eingeholt werden. In stationären AkD können linksseitige Vorwarngeräte im Zuge des einmaligen Einrichtens der AkD durch den Fahrer des Arbeitsfahrzeugs im Schutze eines nachfolgenden (unbemannten) Absperrfahrzeugs aufgestellt und über eine Umfahrt eingeholt werden. Bei beweglichen Arbeitsstellen ist sowohl gegenwärtig als auch in der Anwendung unbemannter Fahrzeuge kein Mitführen linksseitiger Vorwarnungen möglich.

5 Forschungsbedarf

Beide in Kapitel 3 vorgestellten Systeme lassen sich derzeit nicht vollständig mit Serienkomponenten aufbauen. Für beide sind Investitionen in Forschungsaktivitäten notwendig. In den folgenden Kapiteln wird zunächst auf den technischen Forschungsbedarf und anschließend auf Punkte eingegangen, die der rechtlichen Klärung bedürfen.

5.1 Technischer Forschungsbedarf

Zunächst wird auf den für beide Systeme notwendigen Forschungsbedarf eingegangen. An zentraler Stelle besteht hier Bedarf, die Fragestellung nach einer sicheren Automatisierung im öffentlichen Straßenverkehr zu untersuchen. Die Frage stellt sich hierbei, welche Einrichtungen und welches Vorgehen nötig sind, um ein System nach dem aktuellen Stand der Technik als „sicher“ zu bezeichnen. In den in Kapitel 3 vorgestellten Systemen wird eine Reihe von redundanten Systemen gefordert, die die Kosten für das Produkt erheblich erhöhen. Eine Reduktion dieser Redundanz wäre wünschenswert oder müsste im Rahmen weiterer Forschung qualifiziert begründet werden. Dies sollte auf Basis der Normen gemäß ISO 26262 [ISO 2011] geschehen. Zusätzlich schlägt der Standard auch einen Entwurfsprozess vor, der bei der Entwicklung eines autonomen Systems für den öffentlichen Straßenverkehr zu Anwendung kommen sollte.

Ein weiteres Forschungsfeld bietet sich in der Prognose und frühzeitigen Detektion von Fehlfunktionen. Durch den Einsatz im öffentlichen Straßenver-

kehr und damit einer Umgebung mit normalen Verkehrsteilnehmern kann ein unerwartetes Verhalten zu einer erheblichen Unfallgefahr führen. Ist ein Fahrzeug frühzeitig in der Lage festzustellen, dass es in naher Zukunft nicht mehr fähig ist, seine Aufgabe zu erfüllen, können Gegenmaßnahmen eingeleitet werden oder aber das Fahrzeug aus dem Verkehr entfernt und abgestellt werden.

Vor allem für das System 2 wird eine zuverlässige Ortung benötigt. DGPS allein ist hier nicht ausreichend, da durch Mehrwegeausbreitung und Verdeckungen nicht dauerhaft eine qualitativ hochwertige Position bestimmt werden kann. Durch den Einsatz von weiteren Sensoren zur Detektion von Landmarken und zur Fahrspurerkennung kann die Positionsgüte erheblich verbessert werden. Die Kombination dieser Lösungen für den robusten Einsatz und auch die Bestimmung des minimal benötigten Sensorsets bieten weitere interessante Forschungsfelder.

Bei der Nutzung von digitalen Karten zur Lösung der Fahraufgabe und als Teil des Sicherheitskonzepts stellt sich unmittelbar die Frage nach deren Aktualität. Wird ein Fahrstreifen beispielsweise durch Bauarbeiten verlegt, so würde das automatische Fahrzeug dies im besten Fall erkennen und nach einer Bestätigung des Operators verlangen, im schlechtesten Fall würde es in die Baustelle einfahren und so Arbeiter und Material gefährden. Über die Vielzahl an Sensoren an dem Fahrzeug besteht jedoch die Möglichkeit, die Aufgabe zur Kartografie parallel mit der Fahraufgabe zu erledigen und zumindest in Grenzen Anpassungen an dem Kartenmaterial vorzunehmen. Die Kombination von altem mit neuem Kartenmaterial unter Berücksichtigung von Sicherheitsaspekten bietet ebenfalls viel Potenzial zur Forschung, da sichergestellt werden muss, dass keine Messfehler „gelernt“ werden und so das Kartenmaterial dauerhaft geschädigt wird. Eine Möglichkeit wäre, dieses Kartenmaterial durch den Operator im Führungsfahrzeug während Phasen ohne Aufgabe überprüfen zu lassen oder dies automatisch durch ein Offlinesystem auf Fehler hin zu untersuchen.

Da System 2 auch die Anfahrt bis zur Autobahn automatisch erledigen soll, bieten sich auch hier einige Möglichkeiten der Forschung. Auf abgesperrten Betriebsgeländen mit direktem Zugang zur Autobahn können infrastrukturelle Maßnahmen ergriffen werden, um die Kolonne sicher zur Autobahn zu führen. Mittelfristig ist aber auch eine Erweiterung

des Systems auf kurze Strecken auf Straßen niedriger Kategorie denkbar. Eine Einsatzmöglichkeit wäre bei Wendemanövern an Anschlussstellen oder bei der Zufahrt von Betriebshöfen, die keinen direkten Zugang zur Autobahn besitzen, sodass ein kurzes Stück im öffentlichen Verkehr zurückgelegt werden muss. Zur Beherrschung dieser Situationen ist ein sehr viel flexibleres System notwendig, da in diesen Bereichen mit schwächeren Verkehrsteilnehmern zu rechnen ist. Fußgänger und Fahrradfahrer verhalten sich beispielsweise nicht in gleichem Maße regelkonform wie Fahrzeuge auf der Autobahn. Zusätzlich ist in diesem Gebiet mit erschwerenden Bedingungen zur Ortung sowie mit Lichtzeichenanlagen zu rechnen.

Für den Bereich der Interaktion zwischen Mensch und Maschine stellt sich vor allem die Frage, wie ein Arbeitsplatz in einem Führungsfahrzeug für eine automatische Kolonne gestaltet werden muss. Gerade bei System 1 muss geprüft werden, ob der Fahrer des Führungsfahrzeugs zusätzlich zu seinen bestehenden Arbeits- und Fahraufgaben die Rolle des Überwachers übernehmen kann. Die Überwachungsaufgabe muss sich gerade hier gut in seinen Arbeitsablauf integrieren und darf ihm keine zusätzliche Konzentration abverlangen. Bei System 2 ist dieses Problem durch den zusätzlich eingesetzten Operator nicht so kritisch. Hier stellt sich jedoch die Frage wie sich die Aufmerksamkeit des Operators während des Einsatzes entwickelt. Zu erwarten sind längere Zeiträume, in denen er wenig bis keine Aufgaben zu erledigen hat, anschließend aber unmittelbar sicherheitskritische Entscheidungen treffen soll. Hier muss geklärt werden, wie der Überwacher eingebunden werden muss, damit keine Ermüdungseffekte eintreten.

5.2 Rechtlicher Klärungsbedarf

Weltweit erstmalig wurde am 06. Juni 2011 im Staat Nevada, USA, der Einsatz von „autonomous vehicles“ ab dem 1. März 2012 auf den Autobahnen des Staates erlaubt [Nevada Legislature 2011]. Das dortige Verkehrsministerium hat in dem Gesetz aktuell den Auftrag bekommen, Richtlinien für die Zulassung festzulegen. In Deutschland gibt es bisher nur Sondergenehmigungen für automatische Fahrzeuge im öffentlichen Straßenverkehr. Für den Einsatz der beiden vorgeschlagenen Systeme ist eine Genehmigung für den regulären Betrieb im täglichen Einsatz notwendig.

Das Gesetz des Staats Nevada vergibt folgende wesentliche Aufträge an das Verkehrsministerium, die auch für den deutschen Verkehrsraum beantwortet werden müssten [Nevada Legislature 2011]:

- a) Voraussetzungen für den Betrieb auf Autobahnen,
- b) Versicherungsfragen zum Test oder Betrieb von autonomen Fahrzeugen zum Betrieb auf Autobahnen,
- c) minimale Sicherheitsstandards für autonome Fahrzeuge und deren Betrieb,
- d) Tests für autonome Fahrzeuge,
- e) Beschränkung von Tests auf bestimmte geografische Bereiche.

Gegenüber den sich im Einsatz befindenden Forschungsfahrzeugen ist eine weitere Herausforderung, dass die Fahrzeuge hier nicht von den Entwicklern betrieben werden würden. Dies stellt eine erhöhte Anforderung an die intuitive sichere Bedienung des Systems.

6 Zusammenfassende Empfehlungen

Mitarbeiter des Betriebsdienstes sind in Arbeitsstellen auf Autobahnen enormen Unfallgefahren ausgesetzt. Weiterhin erfordert die Sicherung von Arbeitsstellen kürzerer Dauer (AkD) entsprechend den Richtlinien für die Sicherung von Arbeitsstellen an Straßen (RSA) hohen personellen und zeitlichen Aufwand. Die Anwendung unbemannter Sicherungsfahrzeuge bietet Möglichkeiten, die Unfallgefahren für Betriebsdienstmitarbeiter in Arbeitsstellen auf Autobahnen zu reduzieren, und lässt Optimierungen in Personaleinsatz und Arbeitsorganisation zu. Der Einsatz selbstständig agierender Absperr- und Vorwarnfahrzeuge ist in mobilen, wandernden und stationären AkD sowie beim Einrichten von Arbeitsstellen längerer Dauer (AID) denkbar.

In Bezug auf die technische Umsetzung handelt es sich bei den Einsatzszenarien der unbemannten Fahrzeuge vor allem um Formationsfahrten oder Folgefahrt-Szenarien auf der Autobahn. In der Vergangenheit wurden bereits Forschungsvorhaben zu diesen Themen durchgeführt. Maßgebliche Komponenten für die Funktionsweise unbemannter Ar-

beitsstellensicherung sind das DGPS-Ortungssystem in Verbindung mit einer digitalen Karte, eine funkgestützte Kommunikation zwischen den Fahrzeugen sowie verschiedene Sensoren zur Umfelderkennung. Die beiden dargestellten technischen Systeme zeigen zum einen eine Minimallösung, mit der sich ein fahrender Absperranhänger, welcher einem Führungsfahrzeug auf der Autobahn folgt, realisieren lässt. In dem zweiten umfassenden Gesamtkonzept ist die Automatisierung einer gesamten Absicherungskolonie mit Absperr- und Vorwarnfahrzeugen incl. der unbemannten Anfahrt zur Autobahn auf nicht öffentlichen Straßen ausgehend von einer nahe gelegenen Autobahnmeisterei vorgesehen. Entsprechend sind verschiedene Zwischenlösungen zu den vorgestellten Systemen mit unterschiedlichem Automatisierungsgrad denkbar.

Unbemannte Fahrzeuge mit den dargestellten Funktionsweisen können deutliche Sicherheitssteigerungen für Betriebsdienstmitarbeiter bieten. Eine erste Abschätzung ergab, dass 70 % der Mitarbeiterunfälle, welche in AkD auf Autobahnen beim Aufenthalt in Fahrzeugen verunglücken, durch den Einsatz unbemannter Arbeitsstellensicherung verhindert werden können. Dies entspricht rund der Hälfte der insgesamt in fremdverschuldeten Unfällen in AkD auf Autobahnen verunglückten Mitarbeiter. Aufgrund der Unfallmuster ist anzunehmen, diesen Sicherheitsgewinn weitgehend bereits durch den Einsatz unbemannter Absperrfahrzeuge in Verbindung mit konventionellen, mit Mitarbeitern besetzten Vorwarnfahrzeugen zu erreichen. Durch die Automatisierung einer gesamten Absicherungskolonie und einen umfassenden Einsatz unbemannter Sicherungsfahrzeuge wird erwartet, auch das Verunglücken von Mitarbeitern außerhalb von Fahrzeugen vermeiden zu können. Mit Hilfe detaillierter Daten zu Unfallhäufigkeiten und -mustern können entsprechende Potenziale quantifiziert werden. Insgesamt bieten unbemannte Sicherungsfahrzeuge die Möglichkeit, ein sehr hohes Sicherheitsniveau in Arbeitsstellen des Betriebsdienstes auf Autobahnen zu etablieren. Die Möglichkeiten zur Reduktion von Unfallgefahren für Mitarbeiter in Arbeitsstellen gelten auch für Fremdunternehmer im Betriebsdienst.

Die Anwendung der unbemannten Sicherungsfahrzeuge ermöglicht außerdem Optimierungen der personellen Aufwendungen für Arbeitsstellen im Verkehrsraum. In mobilen und wandernden AkD auf Fahrstreifen lässt sich durch den Einsatz unbemannter Absperr- und Vorwarnfahrzeuge die Zahl notwendiger Mitarbeiter halbieren. Zeitaufwändige

Umfahrten bei stationären AkD können entfallen. Insgesamt sind Optimierungen des Personaleinsatzes und der Arbeitsorganisation möglich. Hieraus ergeben sich auch verbesserte Rahmenbedingungen für die Durchführung verkehrsflussoptimierender Maßnahmen.

Besonders zu betonen ist, dass die Implementierung unbemannter Sicherungsfahrzeuge im Betriebsdienst als ein umfassendes Pilotprojekt für unbemanntes Fahren im Allgemeinen bzw. für den Einsatz in anderen Branchen dienen kann. Der geschlossene Anwenderkreis des Betriebsdienstpersonals könnte ein ideales Testfeld unbemannter Fahrzeuge zur Klärung rechtlicher und technischer Fragestellungen bieten. In beiden Bereichen besteht für die Realisierung unbemannter Sicherungsfahrzeuge deutlicher Forschungsbedarf. Ein wichtiges Forschungsfeld bezüglich der technischen Umsetzung ist die Prognose und frühzeitige Detektion von Fehlfunktionen. Außerdem besteht noch deutlicher Entwicklungsbedarf, um auch die Anfahrt der Fahrzeuge zur Autobahn über das untergeordnete Verkehrsnetz realisieren zu können. Die aktuelle Rechtslage in Deutschland ermöglicht bisher nur Sondergenehmigungen für automatische Fahrzeuge im öffentlichen Straßenverkehr. Für den Einsatz der beiden vorgeschlagenen Systeme ist eine Genehmigung für den regulären Betrieb im täglichen Einsatz notwendig. Hierzu sind zahlreiche rechtliche Fragestellungen noch ungeklärt.

Insgesamt wird empfohlen, die Forschung und Entwicklungen unbemannter Sicherungsfahrzeuge aktiv voranzutreiben. Der nächste Schritt zur Realisierung unbemannter Fahrzeuge liegt in der Entwicklung eines Prototyps. In einer Pilotierung mit Testfahrten im späteren Einsatzfeld des Betriebsdienstes können die Sicherheit und Zuverlässigkeit des Systems nachgewiesen werden. Nur auf Basis dieses Nachweises ist eine Legalisierung unbemannter Sicherungsfahrzeuge für den Betriebsdienst denkbar. Insgesamt erfordern die Realisierungs- und Implementierungsschritte eine konkrete Ausrichtung auf die Rahmenbedingungen des Betriebsdienstes, technisches und rechtliches Know-how im Bereich Fahrerassistenzsysteme (FAS) sowie fortlaufendes Projektmanagement und entsprechende Finanzmittel. Demnach bedarf es der Beteiligung verschiedenster Projektpartner. Es werden unter anderem Institutionen, welche in den Bereichen FAS und Straßenbetriebsdienst forschen und entwickeln, Fahrzeughersteller und die Straßenbauverwaltung als entsprechende Partner identifiziert.

Besonders zu betonen ist die Empfehlung, dass der Straßenbetriebsdienst die Initiative zur Durchführung genannter Studien aktiv ergreifen sollte und im Sinne einer nutzerangepassten Systemkonfiguration aktiv in den Entwicklungsprozess einzubeziehen ist. Es ist zu berücksichtigen, dass auch die Entwicklung einzelner, für das Gesamtsystem erforderlicher Komponenten bereits Vorteile für den Straßenbetriebsdienst bringen kann. Beispielsweise kann durch die Entwicklung automatisch an- und abzukoppelnder Absperr- und Vorwarneinheiten bereits ein Sicherheitsgewinn für das Betriebsdienstpersonal erreicht werden. Somit ist ein Nutzen der erforderlichen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten für den Straßenbetriebsdienst nicht erst mit dem umfassenden Einsatz autonom fahrender Sicherungsfahrzeuge gegeben.

Literatur

- BMVBS – Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung: Richtlinien für die Sicherung von Arbeitsstellen an Straßen (RSA), Ausgabe: 1995; zuletzt geändert: 2010, Bonn 2010 (a)
- BMVBS – Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung: Längenstatistik der Straßen des überörtlichen Verkehrs, Stand: 1. Januar 2010, Ausgabe: Juli 2010, Bonn 2010 (b)
- HÄUSLER, K.: Anwendung unbemannter Sicherungsfahrzeuge in Arbeitsstellen kürzerer Dauer des Straßenbetriebsdienstes auf Autobahnen zur Reduktion der Gefährdung des Personals im Verkehrsraum (unveröffentlicht). Masterarbeit im Studiengang Projektmanagement/Bau, Hochschule Biberach, Biberach 2011
- HÖHNE, M.: Betrachtung des Gefährdungspotenzials bei Beschäftigten des Betriebsdienstes aus Sicht der Arbeitssicherheit anhand von Unfallstatistik, Beispielen und Lösungsmöglichkeiten. Präsentation für den Arbeitsausschuss 4.7 „Straßenbetriebsdienst“ der FGSV, 2008
- HÖHNE, M.: Minimierung der Gefährdung des Betriebsdienstpersonals aus sicherheitstechnischer und organisatorischer Sicht. In: Kolloquium Straßenbetriebsdienst 2009, Karlsruhe 2009
- HOLLDORB, C.; HÄUSLER, K.; TRÄGER, D.: Informations- und Kommunikationstechniken zur Optimierung des Betriebsdienst-Managements (unveröffentlicht). Schlussbericht im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Biberach 2011
- ISO – International Organization for Standardization: ISO 26262 Road vehicles – Functional safety. Auf den Seiten von: www.iso.org, URL: http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnnumber=43464, Abgerufen am: 13. Juli 2011
- MAURER, M.: Entwurf und Test von Fahrerassistenzsystemen. In: WINNER, H.: Handbuch Fahrerassistenzsysteme, Wiesbaden 2009
- Nevada Legislature: Assembly Bill No. 511 (06. Juni 2011). Auf den Seiten von: www.leg.state.nv.us/. URL: <http://www.leg.state.nv.us/Session/76th2011/Reports/history.cfm?ID=101>. Abgerufen am: 13. Juli 2011
- RAMAKERS, R.; HENNING, K.; GIES, S.; ABEL, D.; HABERSTROH, M.: Electronically coupled truck platoons on german highways. In: IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics 2009, San Antonio (TX USA) 2009
- ROBINSON, T.; CHAN, E.; COELINGH, E.: Operating Platoons On Public Motorways: An introduction to the SARTRE platooning programme. In: 17th World Congress on Intelligent Transport Systems, Busan (Korea) 2010
- ROOS, R.; ZIMMERMANN, M.; RIFFEL, S.; CYPRA, T.: Verbesserung der Sicherheit des Betriebspersonals in Arbeitsstellen kürzerer Dauer auf Bundesautobahnen. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen; Reihe Verkehrstechnik, Heft V 170, Bergisch Gladbach 2008
- Wikipedia: URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Inertialnavigation>, abgerufen am 16.09.2011
- ZHANG, X.; GEIMER, M.; NOACK, P.; EHRL, M.: Elektronische Deichsel für landwirtschaftliche Arbeitsmaschinen – Auf dem Weg nach autonomen Landmaschinen. In: Landtechnik AgEng 2010; Partnerschaften für eine neue Innovationspotenziale, Braunschweig 2010

Schriftenreihe

Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen

Unterreihe „Verkehrstechnik“

2008

- V 165: Ermittlung des Beitrages von Reifen-, Kupplungs-, Brems- und Fahrbahnabrieb an den PM₁₀-Emissionen von Straßen
Quass, John, Beyer, Lindermann, Kuhlbusch, Hirner, Sulkowski, Sulkowski, Hippler € 14,50
- V 166: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2006 – Jahresauswertung der automatischen Dauerzählstellen
Fitschen, Koßmann € 26,00
- V 167: Schadstoffe von Bankettmaterial – Bundesweite Datenauswertung
Kocher, Brose, Siebertz € 14,50
- V 168: Nutzen und Kosten nicht vollständiger Signalisierungen unter besonderer Beachtung der Verkehrssicherheit
Frost, Schulze € 15,50
- V 169: Erhebungskonzepte für eine Analyse der Nutzung von alternativen Routen in übergeordneten Straßennetzen
Wermuth, Wulff € 15,50
- V 170: Verbesserung der Sicherheit des Betriebspersonals in Arbeitsstellen kürzerer Dauer auf Bundesautobahnen
Roos, Zimmermann, Riffel, Cyra € 16,50
- V 171: Pilotanwendung der Empfehlungen für die Sicherheitsanalyse von Straßennetzen (ESN)
Weinert, Vengels € 17,50
- V 172: Luftschadstoffe an BAB 2007
Baum, Hasskelo, Siebertz, Weidner € 13,50
- V 173: Bewertungshintergrund für die Verfahren zur Charakterisierung der akustischen Eigenschaften offenerporiger Straßenbeläge
Altreuther, Beckenbauer, Männel € 13,00
- V 174: Einfluss von Straßenzustand, meteorologischen Parametern und Fahrzeuggeschwindigkeit auf die PM_x-Belastung an Straßen
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann kostenpflichtig unter www.nw-verlag.de heruntergeladen werden.
Düring, Lohmeyer, Moldenhauer, Knörr, Kutzner, Becker, Richter, Schmidt € 29,00
- V 175: Maßnahmen gegen die psychischen Belastungen des Personals des Straßenbetriebsdienstes
Fastenmeier, Eggerdinger, Goldstein € 14,50

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 Geschwindigkeitswahl
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann kostenpflichtig unter www.nw-verlag.de heruntergeladen werden.
Lank, Steinauer, Busen € 29,50
- 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
Londong, Meyer € 29,50
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann kostenpflichtig unter www.nw-verlag.de heruntergeladen werden.
- 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 Linkseinfädungstreifen 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, Jähig € 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 Tausalösungen
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.
- Arnold, Kluth, Ziegler, Thomas € 18,50
- V 224: Prüfung und Bewertung von Schutzeinrichtungen der Aufhaltestufe 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

Alle Berichte sind zu beziehen beim:

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

Dort ist auch ein Kompletverzeichnis erhältlich.