

Autonome Systeme für Straßenbetriebsdienste (AETAS BAB)

**Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Verkehrstechnik Heft V 372

bast

Autonome Systeme für Straßenbetriebsdienste (AETAS BAB)

von

Christian Lüpkes
Daniel Kleer

AlbrechtConsult GmbH
Aachen

Christian Holldorb

Steinbeis-Transferzentrum
Infrastrukturmanagement im Verkehrswesen (IMV)
Karlsruhe

Frank Zielke

KoDeCs GmbH
Detmold

**Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Verkehrstechnik Heft V 372

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 Kommunikation.

Die Hefte der Schriftenreihe **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen** können direkt bei der Carl Ed. Schünemann KG, 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 Kommunikation.

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

Impressum

Bericht zum Forschungsprojekt 03.0596
Potenzialanalyse zum Einsatz automatischer/autonomer Technologien (Maschinen u. Fahrzeuge) im Straßenbetriebsdienst auf Autobahnen

Fachbetreuung

Horst Badelt
Christopher Schirrmeister

Referat

Verkehrsbeeinflussung und Straßenbetrieb

Herausgeber

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

Redaktion

Stabsstelle Presse und Kommunikation

Druck und Verlag

Fachverlag NW in der
Carl Ed. Schünemann KG
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 978-3-95606-739-6

Bergisch Gladbach, August 2023

Kurzfassung – Abstract

Autonome Systeme für Straßenbetriebsdienste (AETAS BAB)

Ziel des Projekts ist die Identifikation von Use Cases für den Einsatz automatisierter, vernetzter Maschinen und Fahrzeuge im Straßenbetriebsdienst auf Bundesautobahnen und ihrer jeweiligen Einsatzbedingungen. Für diese Use Cases wurden Einsatzpotenziale aufgezeigt, dabei sollen sie sich am technisch Machbaren orientieren.

Mit dem Ergebnis der Untersuchungen soll die Industrie in die Lage versetzt werden, die Entwicklung automatisierter, vernetzter Maschinen und Fahrzeuge für den Straßenbetriebsdienst auf Autobahnen fortzusetzen, sodass diese anforderungsgerecht für die Straßenbaulastträger auf dem Markt verfügbar sind. Die Ergebnisse sollen veröffentlicht werden und damit wettbewerbsfrei zur Verfügung stehen.

Besonders die drei im Projekt näher untersuchten Use Cases eignen sich besonders für weitere Forschungsprojekte, um eine möglichst zeitnahe Umsetzung von sicherheits- und effizienzsteigernden Automatisierungslösungen im Straßenbetriebsdienst zu unterstützen.

Darüber hinaus sollte, vorbereitend für den zukünftigen Einsatz autonomer Fahrzeuge im Straßenbetriebsdienst, die Rolle der Technischen Aufsicht untersucht und es sollten Erfahrungswerte in einem Pilotprojekt gesammelt werden. In diesem Kontext ist auch die Entwicklung eines autonomen Basisfahrzeugs zielführend, da dieses mit verschiedenen Aufbauten versehen und so für unterschiedliche Einsatzbereiche verwendet werden kann. Dies erhöht das Marktpotenzial für die Industrie und senkt die Kosten für den Anwender.

Zukünftig spielt die Cybersecurity vor allem im Rahmen von Automatisierungslösungen eine immer größere Rolle. Daher sollten die im Projekt gewonnen Erkenntnisse, insbesondere mit Blick auf die ausgewählten Use Cases, vertieft und ausgebaut werden.

Autonomous systems for road maintenance services (AETAS BAB)

The project aims to identify use cases for the operation of automated, connected machines and vehicles in road maintenance on federal motorways and their specific operating conditions. These use cases should have a proven application potential and should also be oriented towards what is technically feasible. The results of the investigations should help the industry to continue the development of automated and connected machines and vehicles for road maintenance on motorways so that they become commercially available according to the requirements of the road authorities. The results are to be published and thus made available in a non-competitive way.

The three use cases selected within the project are of particular relevance for future research projects to support the implementation of safety- and efficiency-enhancing automation solutions in road maintenance services as soon as possible.

In preparation for the future use of autonomous vehicles in road maintenance, the role of the technical supervisor should be investigated and experiences should be gathered for instance in a pilot project. The development of an autonomous basic vehicle is also promising in this context, as it can be equipped with various components and thus be used for different areas of application. This increases the market potential for the industry and reduces the costs for the user.

In the future, cybersecurity will be a topic of growing importance, especially in the context of automation solutions. Therefore, the knowledge gained in the project should be deepened and expanded, especially concerning the selected use cases.

Summary

Autonomous systems for road maintenance services (AETAS BAB)

1 Problem definition

The project aims to identify use cases for the deployment of automated and connected machines and vehicles in road maintenance on federal motorways and their specific operating conditions. The usage potentials for these use cases are to be identified, while also considering what is technically feasible. The results of the research will help the industry to continue the development of automated, connected machines and vehicles for road maintenance on motorways so that they become commercially available according to the requirements of the road authorities. The results are to be published and thus made available in a non-competitive way.

1.1 Research method and results

The research project comprised eight work packages, which mainly succeeded each other (cf. Figure 1).

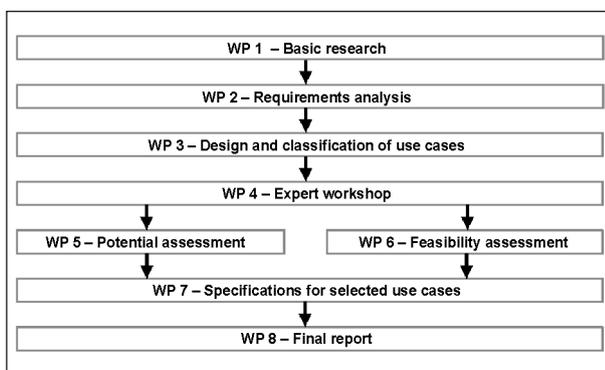


Fig. 1: Proceeding steps FE 03.596/2020/LRB

2 WP 1 – Basic investigation

At the beginning of the project, an initial investigation was carried out. Thereby, current publicly funded projects were identified and analysed concerning relevant approaches for the development of autonomous solutions in road maintenance. In particular, the technology used in these projects often proved useful for the future development of road maintenance services.

Furthermore, a wide range of already available technologies and concepts for autonomous/automated vehicles and equipment were identified through a market analysis. Some of these systems are already available on the market and could be acquired and used in the specific operational areas of the road maintenance service.

An analysis of the current regulations on automated/autonomous driving has shown that the Autonomous Driving Ordinance has completed the legal framework for autonomous driving and that Level-4 vehicles can now be approved nationwide. From a legal point of view, the approval and use of autonomous vehicles in the road maintenance service is now possible. However, according to the new regulation, autonomous vehicles require a „technical supervisor“ who must be able to activate driving manoeuvres or deactivate the vehicle at any time. Currently, there is no practical experience in this aspect and further research is needed. The high demands on staff for technical supervision is another significant obstacle.

In the context of the safety assessment of vehicles and machines, the different safety standards were collected as well as adapted evaluation methods for the risk assessment. In the future, mandatory cyber security regulations will be a challenge with which all affected industry segments have little experience.

2.1 WP 2 – Requirements analysis

The basic investigation was followed by the requirements analysis. As part of this analysis, the areas of activity of the road maintenance service with increased hazardous and/or automation potential were identified and a workshop with users was conducted. The main focus here was on the

operational level, e.g. the head of the maintenance department.

As the experiences of the workshop participants showed, there are different user perspectives on the utilisation of automated/autonomous systems. The employees of the maintenance departments expressed their wishes regarding the technology used as well as aspects which, from their point of view, should be particularly addressed by the industry. The main focus was on:

- Increasing occupational safety in road maintenance services;
- Robust, resilient and easy-to-maintain systems;
- Standardised, intuitive handling as far as possible, easy to learn, even with a heterogeneous user group;
- Reduction of physical and mental stress on employees;
- Versatile technologies, partly already available on the market, should be adapted to the requirements of the road maintenance service.

Insights gained in the user workshop were allocated to the different service areas of the road maintenance service (e.g. care/maintenance, green care, winter service, inspections).

2.2 WP 3 – Design and classification of use cases

Building on the results of the basic investigation and requirements analysis, the design and classification of use cases followed. A total of ten use cases were defined within the various service areas (see Figure 2), which increase efficiency and/or safety by automation. The classification considered the following aspects, among others:

- Rate of occurrence
- Benefit potential
- Coarse assessment of the risk potential (functional safety)
- Coarse assessment of cybersecurity
- Actions leading up to series maturity

2.3 WP 4 – Expert workshop

The use cases defined in WP 3 were discussed in detail within an expert workshop. The participants included stakeholders from public authorities, road maintenance departments, private service providers and industry, as well as representatives of the contracting authority. Participants numbered 26 in total.

In advance, the project team evaluated the use cases in terms of implementation time and effort. At the expert workshop, the use cases were intensively discussed and evaluated in working groups, both from the user's and the industry's point of view. It was possible to validate the aforementioned assessment in the group discussions. The content of the use cases was refined and supplemented by the participants' comments.

At the end of the workshop, an interactive survey was conducted with all participants to rate the use cases according to the following five criteria:

- Technical feasibility,
- Enhancement of the safety of the employees,
- Enhancement of the efficiency of the road maintenance service,
- Risk potential (cyber and functional security),
- General summary: which use case should be pursued.

Based on the results of this survey, and in cooperation with the supervisory board, three use cases were defined for further consideration. Figure 2 shows both the project team's preliminary assessment of the implementation timeframe and effort together with the selected use cases.

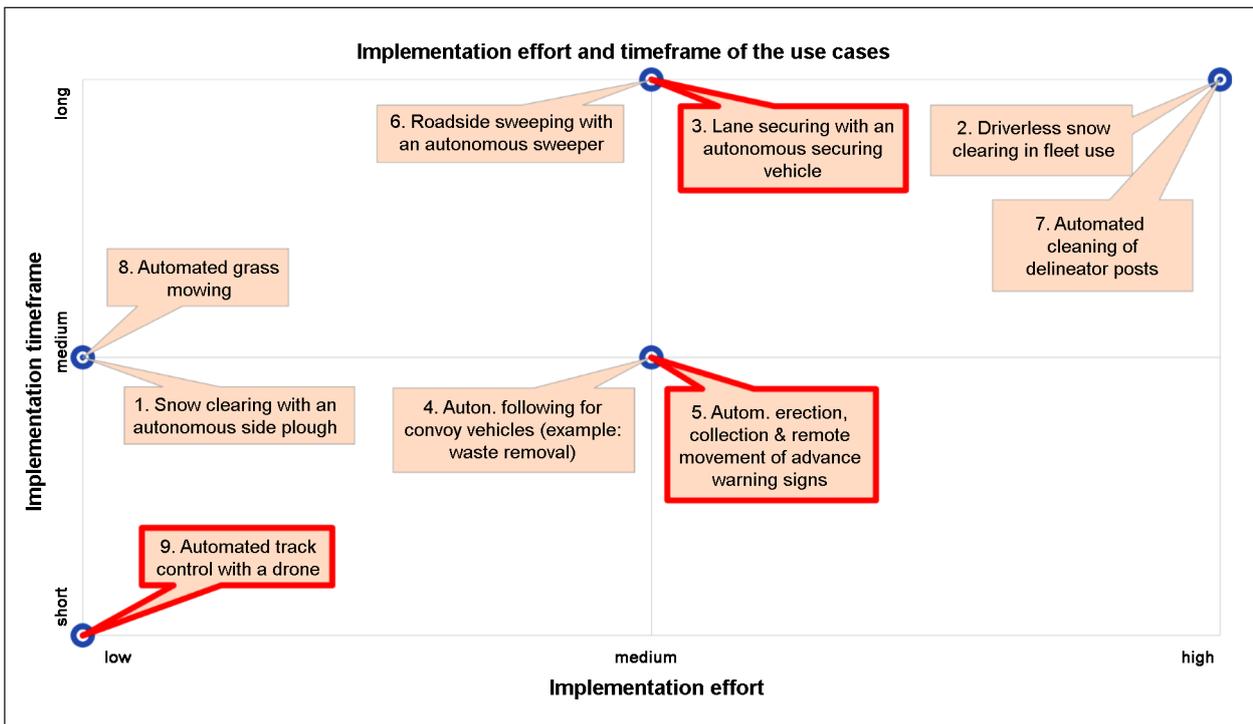


Fig. 2: Implementation effort and timeframe of the use cases

2.4 WP 5 – Potential assessment

The following areas were identified and evaluated for each use case to gauge the current potential of the selected use cases for the road maintenance service:

- Improve occupational safety for operational service personnel,
- The reduction of mental stress on employees,
- Efficiency gain.

In addition, the market and innovation potentials were assessed. Automation technologies were found to be primarily driven by developments for the mass market. New developments for a very specific market, such as road maintenance, usually do not offer sufficient market potential from the manufacturers' point of view. Future research projects in this field may facilitate the transfer of developments from the mass market to the road maintenance service.

2.5 WP 6 – Feasibility assessment

In addition to the potential assessment as mentioned in chapter 2.4, the selected use cases were also evaluated in terms of feasibility. To allow a comparative assessment, the functionality was divided into two generic tasks (movement and work) with different degrees of automation.

After the basic functional structure and the general technical architecture had been described, the risk potential in terms of functional security and cybersecurity were assessed. The approach was based on the HARA (Hazard Analysis and Risk Assessment) methodology for functional security and the TARA (Threat Analysis and Risk Assessment) for cybersecurity. The analyses enabled a first rough estimate and comparison that can serve as a basis for subsequent development projects.

In addition to the evaluation of the risk potential, the following aspects were also reviewed:

- The complexity (and resulting development effort),
- Availability of the required technologies,
- Regulatory conditions for approval.

2.6 WP 7 – Specifications for selected use cases

For the specification sheets of the three use cases selected in WP 4, the results from the potential assessment (WP 5) and the feasibility assessment (WP 6) were summarised as requirements. For this purpose, in the first step, the stakeholders and users were identified and requirements were defined. Since regulations and standards also result in requirements for the system, these were also included at the stakeholder level. The requirements elicitation followed the common approach used in the automotive industry.

These specifications do not constitute a complete description of a deliverable for automated driving, flying or device functions, but rather should provide suggestions for developers.

3 Consequences for practical application

The research project has shown that the use of automated vehicle and machine technologies in road maintenance services can increase the safety of employees and improve efficiency in the medium and long term.

The three use cases selected within the project are of particular relevance for future research projects to support the implementation of safety- and efficiency-enhancing automation solutions in road maintenance services as soon as possible. The development of an autonomous basic vehicle is also promising in this context, as it can be equipped with various components and thus be used for different areas of application. This increases the market potential for the industry and reduces the costs for the user.

In the future, cybersecurity will be a topic of growing importance, especially in the context of automation solutions. Therefore, the knowledge gained in the project should be deepened and expanded, especially concerning the selected use cases.

Inhalt

Abkürzungen	12	2.5.2 Übersicht der Normen für Funktionale Sicherheit	30
1 Einführung	15	2.5.3 Übersicht Vorschriften und Normen für Cybersecurity	31
1.1 Gesamtziel	15	2.5.4 Betrachtungsgrenzen Funktionale Sicherheit und Cybersecurity	32
1.2 Vorgehensweise und Überblick	15	2.5.5 Betrachtete Vorschriften und Normen für AETAS BAB	33
2 Grundlagenrecherche	16	2.5.6 Informationsaustausch zu Cybersecurity innerhalb der Industrie	33
2.1 Analyse laufender öffentlich geförderter Projekte	16	3 Anforderungsanalyse	33
2.1.1 Bewertung der Projekte im Bereich Use Case	17	3.1 Überblick	33
2.1.2 Bewertung der Projekte Bereich Technik	17	3.2 Vorbereitungen für den Anwenderworkshop	34
2.1.3 Bewertung der Projekte Bereich Sonstiges	18	3.3 Durchführung und Dokumentation des Anwenderworkshops	34
2.2 Analyse potenziell verfügbarer Technologien und Konzepte für autonome/automatisierte Fahrzeuge und Geräte im Straßenbetriebsdienst	18	4 Use Case Erstellung und Klassifikation	37
2.3 Technische, rechtliche Anforderungen	21	4.1 Überblick	37
2.3.1 Richtlinien für die Sicherung von Arbeitsstellen an Straßen (RSA)	21	4.2 Schneeräumen mit einem autonom agierenden Seitenpflug	38
2.3.2 Technische Regeln für Arbeitsstätten: Anforderungen an Arbeitsplätze und Verkehrswege auf Baustellen im Grenzbereich zum Straßenverkehr – Straßenbaustellen (ASR 5.2)	24	4.3 Fahrerloses Schneeräumen im Flotteneinsatz	39
2.3.3 Weitere Regelungen zum Arbeits- und Gesundheitsschutz	26	4.4 Fahrstreifen absichern mit einem autonomen Absicherungsfahrzeug	40
2.3.4 Regelungen zum automatisierten/ autonomen Fahren	26	4.5 Autonomes Folgen für Kolonnenfahrzeuge (Beispiel Müllsammlung)	42
2.3.5 Regelungen zum Einsatz von Drohnen	27	4.6 Vorwarntafeln automatisiert aufstellen, einsammeln und ferngesteuert bewegen	43
2.4 Marktpotenziale im Straßenbetriebsdienst	28	4.7 Seitenstreifen kehren mit einer autonomen Kehrrmaschine	45
2.5 Anforderungen an die sicherheitstechnische Bewertung	29	4.8 Automatisierte Leitpfostenreinigung	46
2.5.1 Begriffsdefinition Sicherheit und Security	29	4.9 Automatisierte Grasmahd	48
		4.10 Automatisierte Streckenkontrolle mit einer Drohne	49

5	Expertenworkshop	50	7.2.4	Gerätesteuerung	65
5.1	Überblick	50	7.2.5	Vereinfachte technische Architektur . .	65
5.2	Vorbereitung und Durchführung des Expertenworkshops	50	7.2.6	Risikopotenzial bzgl. funktionaler Sicherheit	66
5.3	Ergebnisse des Expertenworkshops . . .	52	7.2.7	Zusammenfassung Risikopotenzial funktionale Sicherheit	66
5.4	Auswahl der drei Use Cases	57	7.2.8	Risikopotenzial bzgl. Cybersecurity . . .	67
6	Potenzialabschätzung für drei ausgewählte Use Cases	58	7.2.9	Zusammenfassung Risikopotenzial Cybersecurity	67
6.1	UC3: Fahrstreifen absichern mit einem autonomen Absicherungsfahrzeug	58	7.2.10	Use Case 3: Zusammenfassende Bewertung	68
6.1.1	Verbesserung der Arbeitssicherheit für das Betriebsdienstpersonal	58	7.3	Use Case 5: Vorwarntafeln automatisiert aufstellen, einsammeln und bewegen	69
6.1.2	Reduktion der psychischen Belastungen der Mitarbeiter	59	7.3.1	Vereinfachte funktionale Architektur . .	69
6.1.3	Effizienzgewinn	59	7.3.2	Missionskontrolle	69
6.2	UC5: Vorwarntafeln automatisiert auf- stellen, einsammeln und bewegen	60	7.3.3	Steuerung des fahrenden Arbeitsgerätes	70
6.2.1	Verbesserung der Arbeitssicherheit für das Betriebsdienstpersonal	60	7.3.4	Gerätesteuerung	70
6.2.2	Reduktion der psychischen Belastungen der Mitarbeiter	60	7.3.5	Vereinfachte technische Architektur . .	70
6.2.3	Effizienzgewinn	61	7.3.6	Risikopotenzial bzgl. funktionaler Sicherheit	71
6.3	UC9: Automatisierte Streckenkontrol- le mit einer Drohne	61	7.3.7	Zusammenfassung Risikopotenzial funktionale Sicherheit	71
6.3.1	Verbesserung der Arbeitssicherheit für das Betriebsdienstpersonal und der Verkehrssicherheit	61	7.3.8	Risikopotenzial bzgl. Cybersecurity . .	71
6.3.2	Reduktion der psychischen Belastungen der Mitarbeiter	62	7.3.9	Zusammenfassung Risikopotenzial Cybersecurity	72
6.3.3	Effizienzgewinn	62	7.3.10	Use Case 5: Zusammenfassende Bewertung	72
6.4	Markt- und Innovationspotenzial	62	7.4	Use Case 9: Automatisierte Streckenkontrolle mit einer Drohne . . .	73
7	Bewertung der Realisierbarkeit	64	7.4.1	Vereinfachte funktionale Architektur . .	73
7.1	Ansatz für die Bewertung der Realisierbarkeit	64	7.4.2	Missionskontrolle	73
7.2	Use Case 3: Fahrstreifen absichern mit einem autonomen Absicherungsfahrzeug	64	7.4.3	Flugzeugsteuerung	74
7.2.1	Vereinfachte funktionale Architektur . . .	64	7.4.4	Kamerasteuerung	74
7.2.2	Missionskontrolle	64	7.4.5	Vereinfachte technische Architektur . .	74
7.2.3	Fahrzeugsteuerung	65	7.4.6	Risikopotenzial bzgl. funktionaler Sicherheit	75
			7.4.7	Zusammenfassung Risikopotenzial funktionale Sicherheit	75
			7.4.8	Risikopotenzial bzgl. Cybersecurity . .	75

7.4.9	Zusammenfassung Risikopotenzial Cybersecurity	75
7.4.10	Use Case 9: Zusammenfassende Bewertung	76
7.5	Bewertung des rechtlichen Rahmens der Use Cases	76
7.5.1	Bewertung Use Case 3	76
7.5.2	Bewertung Use Case 5	77
7.5.3	Bewertung Use Case 9	77
8	Lastenhefte für ausgewählte Use Cases	78
9	Nächste Schritte zur Umsetzung ...	79
Literatur		80
Bilder		81
Tabellen		82

Die Anhänge 1 – 13 zum Bericht sind im elektronischen BAST-Archiv ELBA unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de> abrufbar.

Abkürzungen

(BSI-)KritISV	Verordnung zur Bestimmung Kritischer Infrastrukturen nach dem BSI-Gesetz	DGUV	Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung
aFAS	automatisch fahrerlos fahrendes Absicherungsfahrzeug für Arbeitsstellen auf Bundesautobahnen	E/E	elektrisch/elektronisch
AgPL	Agricultural Performance Level	ECE	Economic Commission for Europe
AGS	Arbeitsgerätesteuerung	FAS	Fahrerassistenzsystem
AkD	Arbeitsstellen kürzerer Dauer	FE	Forschung und Entwicklung
ALKS	Automated Lane Keeping System	FGSV	Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen
AM	Autobahnmeisterei	FSG	Flug-Steuer-Gerät
ASIL	Automotive Safety Integrity Level	GNSS	Global Navigation Satellite System
ASR 5.2	Technische Regeln für Arbeitsstätten: Anforderungen an Arbeitsplätze und Verkehrswege auf Baustellen im Grenzbereich zum Straßenverkehr – Straßenbaustellen	GSG	Getriebesteuergerät
ASRG	Automotive Security Research Group	HARA	Hazard Analysis and Risk Assessment
AUTO-ISAC	Automotive Information Sharing and Analysis Center	IEC	International Electrotechnical Commission
BAB	Bundesautobahn	ISO	International Organization for Standardization
BASt	Bundesanstalt für Straßenwesen	KBA	Kraftfahrt-Bundesamt
BBW	Brake-By-Wire	KI	Künstliche Intelligenz
BLM	Batterielademanagement	KS	Kamerasteuerung
BMAS	Bundesministerium für Arbeit und Soziales	LB	Leistungsbereich
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung	LSA	Lichtsignalanlage
BMDV	Bundesministerium für Digitales und Verkehr	LSG	Lichtsteuergerät
BMWK	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz	M2M	Mensch-zu-Maschine
CAN	Controller Area Network	MA	Mitarbeiter/Mitarbeiterin
CSMS	Cyber Security Management System	MKE	Mission-Kontroll-Einheit
		MSG	Motorsteuergerät
		MzGt	Mehrzweckgeräteträger
		OBD	On-Board-Diagnose
		OEM	Original Equipment Manufacturer; Erstausrüster
		ÖPP	Öffentlich-Private Partnerschaft
		RDKS	Reifendruckkontrollsystem

RSA	Richtlinien für die Sicherung von Arbeitsstellen an Straßen
SAE	Society of Automotive Engineers
SBW	Steer-By-Wire
SIL	Safety Integrity Level
StVG	Straßenverkehrsgesetze
StVO	Straßenverkehrsordnung
TA	Technische Aufsicht
TARA	Threat Analysis and Risk Assessment
TSE	transportable Schutzeinrichtung
UAS	Unmanned Aircraft System
UC	Use Case
UN	United Nations
UÜS	Umfeldüberwachungssystem
UVV	Unfallverhütungsvorschriften
VBA	Verkehrsbeeinflussungsanlage
VzKat	Verkehrszeichenkatalog
ZFS	Zentrale-Fahr-Steuerung

1 Einführung

1.1 Gesamtziel

Im Rahmen des Förderprojekts aFAS (automatisch fahrerlos fahrendes Absicherungsfahrzeug für Arbeitsstellen auf Bundesautobahnen) wurde die grundsätzliche Machbarkeit eines fahrerlosen Betriebs mobiler Absperranlagen auf Autobahnen demonstriert. Hierdurch können Personenschäden für das Betriebsdienstpersonal wirksam vermieden werden.

Für die Industrie ist derzeit jedoch offen, welche Use Cases und welche Einsatzbedingungen bei der Absicherung von Arbeitsstellen, aber auch im Straßenbetriebsdienst generell für die weitere Entwicklung maßgebend sind. Aufgrund des weitgehend geschlossenen Anwenderkreises der Autobahnmeistereien und von ihr beauftragter Nachunternehmer ist eine situationsbezogene Potenzialanalyse von Anwenderseite notwendig, die nur durch die Straßenbauverwaltung erfolgen kann. Nur so kann eine anwendungsorientierte Entwicklung durch die Industrie erfolgen, sodass automatisierte, vernetzte Maschinen und Fahrzeuge im Straßenbetriebsdienst auf Autobahnen verfügbar sind, mit denen die Unfallgefährdung für das Betriebsdienstpersonal signifikant reduziert werden kann und gleichzeitig ein Marktpotenzial für die Industrie erkennbar wird.

Ziel des Projekts ist die Identifikation von Use Cases für den Einsatz automatisierter, vernetzter Maschinen und Fahrzeuge im Straßenbetriebsdienst auf Bundesautobahnen und ihrer jeweiligen Einsatzbedingungen. Für diese Use Cases sollen die Einsatzpotenziale aufgezeigt werden, dabei sollen sie sich auch am technisch Machbaren orientieren. Mit dem Ergebnis der Untersuchungen soll die Industrie in die Lage versetzt werden, die Entwicklung automatisierter, vernetzter Maschinen und Fahrzeuge für den Straßenbetriebsdienst auf Autobahnen fortzusetzen, sodass diese anforderungsgerecht für die Straßenbaulastträger auf dem Markt verfügbar sind. Die Ergebnisse sollen veröffentlicht werden und damit wettbewerbsfrei zur Verfügung stehen.

Aufgrund der spezifischen Anforderungen und der nicht klar definierten Use Cases ist eine Eigenentwicklung durch die Industrie bis zur Serienreife derzeit nicht zu erwarten. Daher würde die Verfügbarkeit automatisierter, vernetzter Maschinen und

Fahrzeuge für den Straßenbetriebsdienst auf Autobahnen auf unbestimmte Zeit verschoben werden. Auch bei einer möglichen Eigenentwicklung durch die Industrie in mittlerer Zukunft (mind. 5 Jahre) würden die dann angebotenen fahrerlosen Absperrfahrzeuge und andere Fahrzeuge und Maschinen für den autonomen oder automatisierten Einsatz die Use Cases und Einsatzbedingungen der Straßenbauverwaltung evtl. nur unzureichend abbilden, sodass eine geringere Einsatzeffizienz zu erwarten ist.

1.2 Vorgehensweise und Überblick

Für die Bearbeitung des Forschungsvorhabens sind, unter Berücksichtigung der in der Leistungsbeschreibung formulierten Anforderungen und Vorgaben zum Vorgehen, insgesamt acht Arbeitspakete vorgesehen. Die Arbeitspakete sowie die Projektorganisation und Projektsteuerung sind in Bild 1-1 dargestellt.

Die Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) ist der Auftraggeber des Projekts. Das Konsortium mit AlbrechtConsult GmbH, Steinbeis-Transferzentrum Infrastrukturmanagement im Verkehrswesen (IMV) und KoDeCs GmbH ist für die fachliche Leitung sowie Bearbeitung zuständig. Außerdem wird das Projekt durch einen Betreuerkreis unterstützt.

Zu Beginn des Projekts wurde eine Grundlagenrecherche (Kapitel 2) durchgeführt. Dabei wurden laufende, öffentlich geförderte Projekte identifiziert und bezüglich relevanter Lösungsansätze analysiert. Eine durchgeführte Marktanalyse zeigte auf, welche automatisierten Fahrzeuge und Systeme aktuell bereits existieren und für den Einsatz im Straßenbetriebsdienst denkbar sind. Außerdem wurden die technischen und rechtlichen Anforderungen ermittelt sowie die Anforderungen an die sicherheitstechnische Bewertung erfasst.

Auf die Grundlagenrecherche folgte die Anforderungsanalyse (Kapitel 3). Im Rahmen dieser Analyse wurden die Tätigkeitsbereiche des Straßenbetriebsdienstes auf Bundesautobahnen mit erhöhtem Gefährdungspotenzial ermittelt und ein Workshop mit Anwendern durchgeführt. Dabei wurden die Anforderungen an autonome und automatisierte Systeme aus Anwendersicht erfasst und den jeweiligen Anwendungsfällen zugeordnet.

Auf Basis der gesammelten Anforderungen und Erkenntnisse folgte die Use Case Erstellung und Klas-

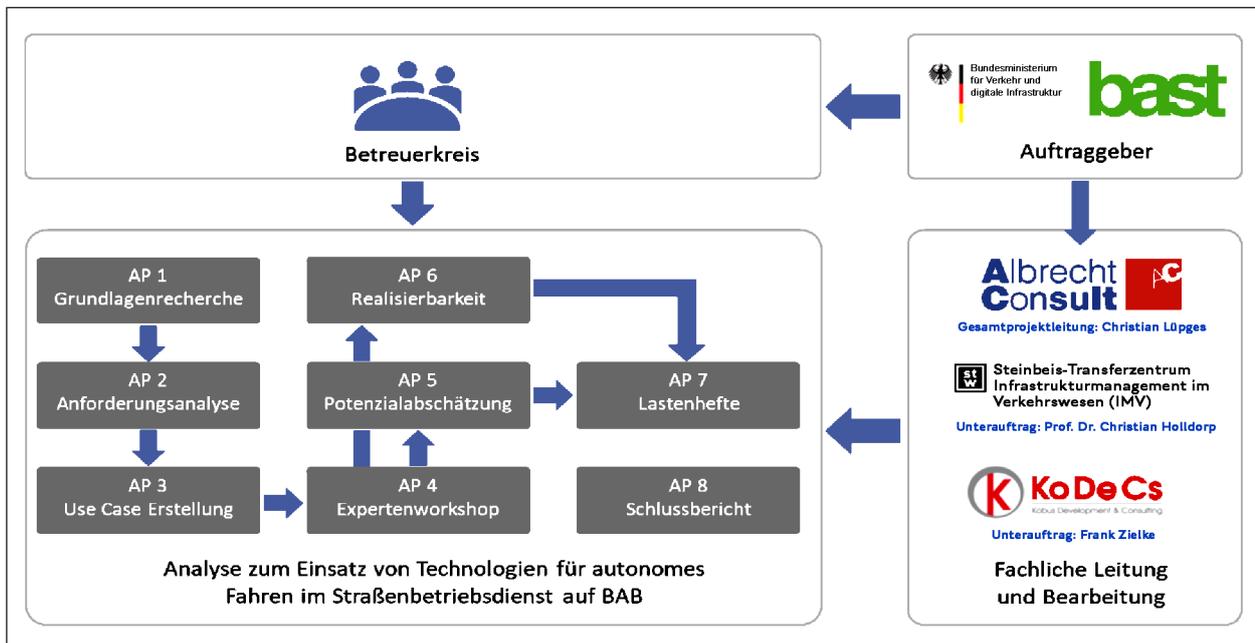


Bild 1-1: Projektorganisation und Projektsteuerung

sifikation (Kapitel 4). Diese Use Cases wurden in einem darauffolgenden Expertenworkshop (Kapitel 5) ausführlich diskutiert. Auf Grundlage der gewonnenen Erkenntnisse aus dem Workshop wurden anschließend drei Use Cases für die weitergehende Betrachtung festgelegt und geringfügig angepasst.

Als nächstes folgte eine Potenzialabschätzung (Kapitel 6) für die ausgewählten Use Cases sowie eine Bewertung der Realisierbarkeit (Kapitel 7). Die Potenzialabschätzung enthält auch eine erste Abschätzung möglicher Effizienzgewinne, die mit dem Einsatz der ausgewählten Use Cases verbunden sind, die jedoch den hierfür notwendigen Entwicklungsaufwand sowie die Kosten für die notwendigen Komponenten unberücksichtigt lässt, da diese derzeit nicht abschätzbar sind. Die Inhalte dieser beiden Arbeitspakete dienen schlussendlich dazu, für jeden der drei Use Cases Lastenhefte zu erstellen (Anhang 11 – 13), die eine kurze Beschreibung sowie Anforderungen an ein System für die Umsetzung des Use Cases beinhalten. Die Lastenhefte sind zudem mit einer Empfehlung bzw. Referenzarchitektur ergänzt. Grundsätzlich sollen die Lastenhefte Anregungen für Entwickler liefern und als Orientierung dienen.

Am Ende werden, aufbauend auf den Erkenntnissen aus diesem Projekt, nächste Schritte für die Umsetzung von Automatisierungslösungen im Straßenbetriebsdienst vorgeschlagen (Kapitel 9).

2 Grundlagenrecherche

2.1 Analyse laufender öffentlich geförderter Projekte

Aktuell werden zahlreiche Forschungsprojekte zum automatisierten und vernetzten Fahren durch BMDV, BMWK und BMBF gefördert. In diesem Zusammenhang gibt es eine Vielzahl nationaler und internationaler Veröffentlichungen, die verwertbare Lösungsansätze beschreiben. Im ersten Arbeitsschritt wurden diese Projekte hinsichtlich ihrer Lösungsansätze analysiert und als Grundlage für die weiteren Arbeitspakete verwendet.

Die Suche nach relevanten Projekten erfolgte zum einen über die Recherche im Internet, insbesondere über die Homepage der jeweiligen Ministerien, aber auch über persönliche Kontakte, die Berührungspunkte zu entsprechenden Projekten haben. Alle erfassten Projekte wurden anschließend in einer Excel-Tabelle mit einer kurzen Beschreibung aufgeführt und mit weiteren Informationen ergänzt. Außerdem wurden sie nach verschiedenen Gesichtspunkten analysiert. Die gesamte Liste befindet sich im Anhang 1: Liste öffentlich geförderter Projekte. Sie enthält insgesamt 67 Projekte, wobei sechs dieser Projekte bereits abgeschlossen sind. Sie wurden aufgrund potenziell hilfreicher Lösungsansätze dennoch in die Liste aufgenommen.

Neben der fortlaufenden numerischen Zählung in Spalte 1 enthalten die Spalten 2 – 6 projektbezogene Informationen wie z. B. Projektkürzel, Projekttitle oder eine kurze Projektbeschreibung. Ab Spalte 7 erfolgt die Bewertung der jeweiligen Projekte in folgenden Bereichen:

- **Use Case:**
In diesem Bereich wird analysiert, inwiefern Use Cases innerhalb des beschriebenen Forschungsprojekts eine Schnittmenge mit den Use Cases von AETAS BAB haben oder haben könnten.
- **Technik:**
Hier liegt der Fokus auf dem Bereich der in Einsatz gebrachten Technik. Dabei kann es sich um einzelne Sensoren handeln oder auch um ganze Systeme, die im Rahmen von AETAS BAB interessant sein könnten.
- **Sonstiges:**
Dieser Kategorie werden Projekte zugeordnet, die nicht zu den Bereichen Use Case und Technik passen, bei denen aber dennoch eine Relevanz für AETAS BAB besteht.

Um die Relevanz der einzelnen Projekte im jeweiligen Bereich einheitlich und vergleichbar zu bewerten, wurde folgendes Bewertungssystem festgelegt:

- 3 Punkte – sehr hohe Relevanz
- 2 Punkte – hohe Relevanz
- 1 Punkt – geringe Relevanz
- 0 Punkte – keine Relevanz

2.1.1 Bewertung der Projekte im Bereich Use Case

Auf Basis der Bewertung wurden acht Projekte mit einer hohen Relevanz (3 Punkte) im Bereich Use Case identifiziert. Aus diesen lassen sich konkrete Anwendungsfälle für AETAS BAB ableiten.

Dazu gehören folgende Projekte:

- ANITA (Autonome Innovation im Terminalablauf)
- ATLAS-L4 (Automatisierter Transport zwischen Logistikzentren auf Schnellstraßen im Level 4)

- SAFE20 (Sicheres autonomes Fahren und Erprobung in Automatisierungszonen mit mindestens 20 km/h)
- SAFEAI (Autonomes Fahren bei mobilen Arbeitsmaschinen – Aspekte funktionaler Sicherheit unter Einbezug leistungsfähiger KI-Methoden)
- SmartFleet (Autonome Nutzfahrzeuge für den sicheren und effizienten Flughafeneinsatz)
- aFAS (Automatisch fahrerlos fahrendes Absicherungsfahrzeug für Arbeitsstellen auf Autobahnen)
- EDDI (Elektronische Deichsel – Digitale Innovation)
- MOSAik:D (M2M-gestützte Optimierung der Sicherheit in Arbeitsstellen kürzerer Dauer)
- RADSPOT (Hochautomatisiertes und straßenschonendes Fahren auf Basis der Bodenradarsignale)

Eine besondere Nähe zum aktuellen Projekt AETAS BAB ist bei dem Projekt MOSAik:D vorhanden. Im Rahmen dieses Projekts soll die Sicherheit des Verkehrs in Arbeitsstellen von kürzerer Dauer (AkD) erhöht, sowie der Schutz des Baustellenpersonals mithilfe von M2M-Kommunikation (Mensch-zu-Maschine) verbessert werden. Dabei sollen moderne Kommunikations- und Ortungsmethoden kombiniert werden, damit ankommende Fahrzeuge über Personen im unmittelbaren Gefahrenbereich des Verkehrsraums informiert werden und das Baustellenpersonal vor potenziellen Gefahren durch unkontrolliert herannahende Fahrzeuge gewarnt wird. [BMDV 2021a]

Auch das bereits abgeschlossene Projekt aFAS bildet einen konkreten Use Case für den Betriebsdienst auf Bundesautobahnen. Im Rahmen des Projekts wurde ein Absicherungsfahrzeug entwickelt, welches automatisiert mobilen Baustellen auf dem Seitenstreifen folgt und gegen den fließenden Verkehr absichert. Da sich kein Mitarbeiter an Bord des Absicherungsfahrzeugs befinden muss, wird die Sicherheit für das Baustellenpersonal signifikant erhöht. [HESSEN MOBIL 2018]

2.1.2 Bewertung der Projekte Bereich Technik

Im Bereich Technik erhalten zwölf Projekte die maximale Punktzahl (3 Punkte) und beinhalten somit

potenzielle technische Lösungsansätze mit einer hohen Relevanz.

Dazu zählen folgende Projekte:

- ANITA (Autonome Innovation im Terminalablauf)
- ATLAS-L4 (Automatisierter Transport zwischen Logistikzentren auf Schnellstraßen im Level 4)
- HALC (Highway Assist with Lane Change — SAE Level 2)
- RoSSHAF (Robustheit von Sensoren und Sensorsystemen gegenüber Umweltbedingungen für HochAutomatisiertes Fahren)
- SAFE20 (Sicheres autonomes Fahren und Erprobung in Automatisierungszonen mit mindestens 20 km/h)
- SafeADArchitect (Entwicklung einer risikosensitiven Gesamtsystemarchitektur und echtzeitfähiger Methoden zur Absicherung von Automatisierten Fahrzeugen)
- SAFEAI (Autonomes Fahren bei mobilen Arbeitsmaschinen – Aspekte funktionaler Sicherheit unter Einbezug leistungsfähiger KI-Methoden)
- SmartFleet (Autonome Nutzfahrzeuge für den sicheren und effizienten Flughafeneinsatz)
- aFAS (Automatisch fahrerlos fahrendes Absicherungsfahrzeug für Arbeitsstellen auf Autobahnen)
- EDDI (Elektronische Deichsel – Digitale Innovation)
- MOSAiK:D D (M2M-gestützte Optimierung der Sicherheit in Arbeitsstellen kürzerer Dauer)
- RADSPOT (Hochautomatisiertes und straßenschonendes Fahren auf Basis der Bodenradarsignale)
- AKIT (Autonomie-KIT für seriennahe Arbeitsfahrzeuge zur vernetzten und assistierten Bergung von Gefahrenquellen)

Besonders interessant ist im technischen Kontext das Projekt AKIT. Ein besonderer Schwerpunkt des Forschungsprojekts ist die Konzeption eines Autonomie-KITs, um weltweit verfügbare Bau- und Arbeitsmaschinen in kurzer Zeit mithilfe von Sensoren und anderen Komponenten in unbemannt operie-

rende Bergegeräte umzuwandeln. Da es sich um einen Nachrüstatz handelt, müssen speziell modifizierte Fahrzeuge nicht für etwaig auftretende Ereignisse vorgehalten werden, sondern können kurzfristig umgerüstet werden. Damit sind Funktionen wie autonome Navigation in unstrukturierter Umgebung, 3D-basierte assistierte Objektmanipulation sowie situationsangepasste Vernetzung möglich, die Bergungskräften eine zügige Beräumung von Gefahrenquellen ermöglicht. Der technische Lösungsansatz, insbesondere im Hinblick auf die Kosten für eine geringe und individuelle Fahrzeugausrüstung für bestimmte Einsatzzwecke, ist im Rahmen des Straßenbetriebsdienstes sehr interessant. [AKIT 2017]

2.1.3 Bewertung der Projekte Bereich Sonstiges

Im Bereich Sonstiges gibt es lediglich Projekte, die mit einer nur geringen Relevanz für das Projekt AETAS BAB bewertet sind.

Dazu gehören folgende Projekte:

- VVMethoden (Verifikations- und Validierungsmethoden automatisierter Fahrzeuge Level 4 und 5)
- SituWare (Erfassung des Fahrersituationsbewusstseins für adaptive kooperative Übergabestrategien beim hochautomatisierten Fahren)
- ACCorD (Korridor für neue Mobilität Aachen – Düsseldorf)
- BiDiMoVe (Bidirektional, Multimodal, Vernetzt)
- Providentia (Proactive Video-Based Use of Telecommunication Technologies in Innovative Highway Scenarios)

2.2 Analyse potenziell verfügbarer Technologien und Konzepte für autonome/automatisierte Fahrzeuge und Geräte im Straßenbetriebsdienst

Im Rahmen einer Internetrecherche wurden potenziell auf dem Markt verfügbare Technologien und Konzepte zusammengestellt, die ein Potenzial zur Anwendung im Straßenbetriebsdienst haben. Bei

der Recherche wurden neben Technologien, die unmittelbar im Straßenbetriebsdienst zur Anwendung kommen können, auch Technologien aus angrenzenden Fachbereichen, z. B. Bahn oder Landwirtschaft, betrachtet, von denen evtl. einzelne Komponenten für die Anwendung im Straßenbetriebsdienst geeignet erscheinen. Die Technologien sind auf Grundlage der Herstellerangaben ausführlicher im Anhang 2: Factsheets beschrieben und werden nachfolgend kurz hinsichtlich ihres Potenzials für den Straßenbetriebsdienst charakterisiert:

1. Teilautonomes Winterdienstfahrzeug (Arctic, Aebi Schmidt Group):

- Automatisiertes Räumen mit Seitenpflug und Streumaschine
 - Fahrzeug wird durch Fahrer gesteuert
 - Prototypischer Einsatz in Finnland
 - Umfassende Sensorik im Fahrzeug
- ⇒ Potenzial: Sensorik, die auch bei winterlichen Bedingungen funktioniert

2/3. Autonome Kehrfahrzeuge (Autowise.ai und Boschung):

- Autonom fahrende Kehrmaschine auf Werksflächen und im öffentlichen Straßenverkehr in Shanghai im Probetrieb
 - Fahren und Kehren autonom
 - Betrieb bis SAE Level 5
- ⇒ Potenzial: autonome Kehreinsätze, z. B. auf dem Standstreifen

4. Autonomous Impact Protection Vehicle (Colas UK und Royal Truck & Equipment (RT&E)):

- Funktionalität entspricht dem im Projekt aFAS in Deutschland entwickeltem autonom fahrenden Absperrfahrzeug, das prototypisch auf dem Standstreifen zum Einsatz kam (s. Kapitel 2.1)
- Autonom fahrendes Absperrfahrzeug mit Anpralldämpfer
- Fahrzeug fährt autonom vorausfahrendem Fahrzeug hinterher
- Prototypische Anwendung auf einen Highway in den USA

⇒ Potenzial: autonom fahrendes Absperrfahrzeug als Folgefahrzeug von Arbeitsmaschinen

5. Autonomes Winterdienstfahrzeug AXYARD (Daimler Truck AG, Aebi Schmidt)

- Fahrerlose Winterdienstfahrzeuge zum Einsatz in Räumstaffeln auf Flughäfen
 - Präzise Navigation auch bei winterlichen Bedingungen
 - Automatisierung von Pflug und Kehrwalze
 - Versuchsanwendung auf Flughäfen
- ⇒ Potenzial: autonomer Einsatz in Räumstaffeln, Unterstützung von Winterdienstfahrern durch automatisierte Steuerung der An- und Aufbaugeräte

6. Automatisierung in der Landwirtschaft: Hands Free Hectare (Harper Adams University)

- Verbundprojekt, in dem verschiedene Technologien zum Einsatz kommen, u. a. automatisierte Arbeitsmaschinen und Drohnen zur Qualitätssicherung
 - Schwerpunkt Kommunikation über C2C
- ⇒ Potenzial: Automatisierung von analogen Arbeitsvorgängen außerhalb des Verkehrsraums, Drohneneinsatz mit automatischer Bildauswertung

7. Maschinelle Bildverarbeitung zur Erkennung und Bekämpfung von Unkraut (BonRob von der HS Osnabrück)

- Autonomer Landwirtschaftsroboter
 - Automatische Erkennung von Nutzpflanzen und Unkraut mithilfe der visuellen Bildverarbeitung
- ⇒ Potenzial: Ansätze zur automatischen Bildauswertung

8. Teleoperiertes Fahren bei Nutzfahrzeugen (u. a. Roboauto)

- Teleoperiertes Fahren konventioneller Nutzfahrzeuge
- Umrüstung von Serienfahrzeugen

- Telearbeitsplatz zur Fernsteuerung
 - Steuerung über Mobilfunk, mit LTE, ideal mit 5G
 - ⇒ Potenzial: Einsatz in besonders gefährdeten oder schwer zugänglichen Einsatzbereichen
9. Roboter mit Wechsellaufsätzen zur Grasmahd und zur Schneeräumung (RT 100 von Left Hand Robotics)
- Autonomer Roboter zum Einsatz auf Geh- und Radwegen sowie in Parks, in den USA auf dem Markt
 - Anbau verschiedener Geräte (Mähgerät, Kehrwalze)
 - Bearbeitung vorab definierter Flächen
 - Umfassende Sensorik und Kameras für Positionsbestimmung und Hinderniserkennung
 - ⇒ Potenzial: Einsatz auf definierten Flächen, z. B. auch im Straßenseitenraum
10. Straßenmüllsauger mit Follow-Me-Technologie (Ariamatic 240 von TSM)
- Straßenmüllfahrzeug für die manuelle Reinigung, Einsatz in Kommune in Italien
 - Follow-Me Technik, sodass das Gerät dem Mitarbeiter automatisch folgt
 - Sensorik zur Hinderniserkennung
 - ⇒ Potenzial: Technologie zur Absicherung von manuellen Kolonnen zur Mülleinsammlung
- 11./12. Vollautomatischer Leitkegelsetzer (X-Cone 2.0 von Traffic Safety Service und Cone von Senn):
- Automatisches Setzen und Aufnehmen von Leitkegeln im Verkehr
 - Fahrzeug wird von Fahrer gesteuert, Leitkegel werden ohne Anhalten gesetzt und aufgenommen
 - Fahrzeug als Prototyp bei der ASFI-NAG, in Deutschland oder in der Schweiz im Einsatz
 - ⇒ Potenzial: Längsabspernung von Arbeitsstellen mit Leitkegeln, ohne
- dass ein Mitarbeiter das Fahrzeug verlassen muss
13. Automatisiertes Aufstellen von mehreren Vorwarntafeln mit einem Fahrzeug (Nissen)
- Aufstellen und Einsammeln von bis zu 3 LED-Vorwarntafeln mit einem Fahrzeug oder Anhänger
 - Fahrzeug wird von Fahrer gesteuert, Tafeln können vom Fahrer aus dem Fahrzeug abgelassen und eingesammelt werden
 - System u. a. in der SM Neusitz im Einsatz
 - ⇒ Potenzial: Vorwarntafeln bei stationären Arbeitsstellen
14. Satellitengestütztes Vegetationsmanagement (LiveEO)
- Vegetationsmanagement durch Auswertung von Satellitendaten
 - System im Einsatz in Pilotprojekten für die Bahn, Stromnetzbetreiber und bei Pipelines
 - Auswertung von hochauflösenden Satellitendaten, u. a. Spektraldaten
 - Identifikation von Pflanzenarten und Pflanzenzustand
 - ⇒ Potenzial: Baumbeobachtung
15. Einsatz von Drohnen und KI zum Aufnehmen und Auswerten von Luftbildern der Vegetation entlang von Strecken der Deutschen Bahn („FreeRail“-Forschungsprojekt von Quantum Systems, DB Fahrwegdienste, geo-konzept)
- Laufendes Forschungsprojekt bis 2022
 - Einsatz einer autonom fliegenden Drohne, Reichweite 90 km
 - Einsatz zur Vegetationskontrolle des Schienennetzes im Rahmen der Verkehrssicherungspflicht
 - ⇒ Potenzial: Baumkontrolle, Streckenkontrolle
- Die Marktanalyse macht deutlich, dass es national und international verschiedene Ansätze für autonome oder automatisierte Fahrzeuge und Geräte auf dem Markt gibt. Ein Teil davon ist kurz vor der Marktreife, viele andere jedoch sind eher auf der Ebene

eines Prototypeneinsatzes. Insbesondere der Einsatz autonomer Systeme im Verkehrsraum und nicht auf abgesichertem Gelände ist derzeit nur prototypisch geregelt. Allerdings sind für kleine Arbeitsmaschinen im Fußgängerbereich eher marktreife Lösungen absehbar.

2.3 Technische, rechtliche Anforderungen

Insbesondere für den Einsatz am und im Verkehrsraum sind umfassende Anforderungen im Hinblick auf die Verkehrssicherheit sowie den Arbeitsschutz zu beachten. Maßgebend sind in diesem Zusammenhang vor allem die nachfolgend näher erläuterten technischen Regelwerke.

2.3.1 Richtlinien für die Sicherung von Arbeitsstellen an Straßen (RSA)

Die Richtlinien für die Sicherung von Arbeitsstellen an Straßen (RSA) befassen sich mit der verkehrsrechtlichen Sicherung von Arbeitsstellen an und auf der Straße. Die RSA werden durch die Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) erstellt und vom Bundesministerium für Digitales und Verkehr herausgegeben. Aktuelle Version ist die Ausgabe 2021.

Aufgebaut ist die RSA in 4 Teile:

- Teil A – Allgemeines
- Teil B – Innerörtliche Straßen
- Teil C – Landstraßen
- Teil D – Autobahnen

Teil A beschäftigt sich unter anderem mit Grundbegriffen, Grundsätzen, Verkehrszeichen, Verkehrseinrichtungen etc., die zur Sicherung von Arbeitsstellen an Straßen wichtig sind. Die Teile B bis D beinhalten Regelpläne für die verschiedenen Einsatzszenarien. Für den Straßenbetriebsdienst auf Autobahnen ist Teil D III: Autobahnen, Arbeitsstellen kürzerer Dauer relevant. Weiterhin sind die Richtwerte in Teil A, Abschnitt 10: Verkehrsführung und -regelung von Bedeutung.

Teil D der RSA beinhaltet zum einen grundsätzliche Forderungen an Arbeitsstellen von kürzerer Dauer auf Autobahnen (AkD) sowie Regelpläne, welche

u. a. geforderte Verkehrszeichen und Sicherheitsabstände aufzeigen. Maßgebende Randbedingungen der Pläne sind die Anzahl der Fahrstreifen und die Sichtverhältnisse auf der Strecke. Eine Differenzierung nach stationären und mobilen AkD erfolgt bei den Regelplänen nicht. Im Teil D III sind fünf Regelpläne aufgeführt, für Nachbaustellen bestehen vier Regelpläne im Teil D IV. Für Arbeiten kürzerer Dauer auf dem befestigten Seitenstreifen gibt es keinen Regelplan, die Gestaltung ist in Bild D-5 der RSA dargestellt (s. Bild 2-1). Der Regelplan D III/1r stellt eine AkD auf dem rechten Fahrstreifen dar (s. Bild 2-2). Der Einsatz der transportablen Warnschwellen soll entsprechend ARS Nr. 6/2014 des BMDV erfolgen.

Generell sind zur Absicherung von AkD fahrbare Absperrtafeln mit Blinkpfeil (Zeichen 616) einzusetzen, deren Abstand von der Arbeitsstelle in der Regel 100 m, mind. 50 m beträgt. Abhängig von der Sichtbarkeitsentfernung sind bei Arbeitsstellen auf dem ersten Fahrstreifen zusätzlich Vorwarner einzusetzen. Bei mobilen Arbeitsstellen kann in Ausnahmefällen bei Arbeitsgeschwindigkeiten zwischen 5 und 60 km/h das Arbeitsfahrzeug die fahrbare Absperrtafel selbst schleppen. [FGSV 2021]

Bei Arbeitsstellen auf dem rechten Fahrstreifen werden nach RSAD, Kapitel 3, Punkt (11), Vorwarnrichtungen immer dann empfohlen, wenn sich die AkD in Bereichen befindet, in denen die zulässige Höchstgeschwindigkeit mehr als 120 km/h beträgt. [FGSV 2021]

Absperrtafeln sind immer mit Zugfahrzeug abzustellen. In Rampen muss der Abstand mindestens 20 m sein. Außerdem wird das Aufstellen von Leitkegeln (Höhe 0,75 m) im Abstand von 10 m bei stationären AkD empfohlen. Bei mobilen AkD können diese entfallen. Das Absicherungsfahrzeug sollte eine zulässige Gesamtmasse von mindestens 7,49 t haben. [FGSV 2021]

In der RSA sind im Teil A, Kapitel 11 Verkehrsführung und -regelung, Abschnitt 11.1 Allgemeines (4), die seitlichen Mindestabstände zwischen dem Arbeitsbereich und dem Verkehrsbereich festgelegt. Dieser ist unter Punkt b) auf 0,50 m auf Außerortsstraßen festgelegt, sofern nicht durch den Baulastträger andere Maße vorgeschrieben werden. Allerdings ist nicht eindeutig definiert, ob diese seitlichen Abstände nur für stationäre Arbeitsstellen bzw. Arbeitsstellen gelten, bei denen Personal außerhalb des Fahrzeugs arbeitet. [FGSV 2021]

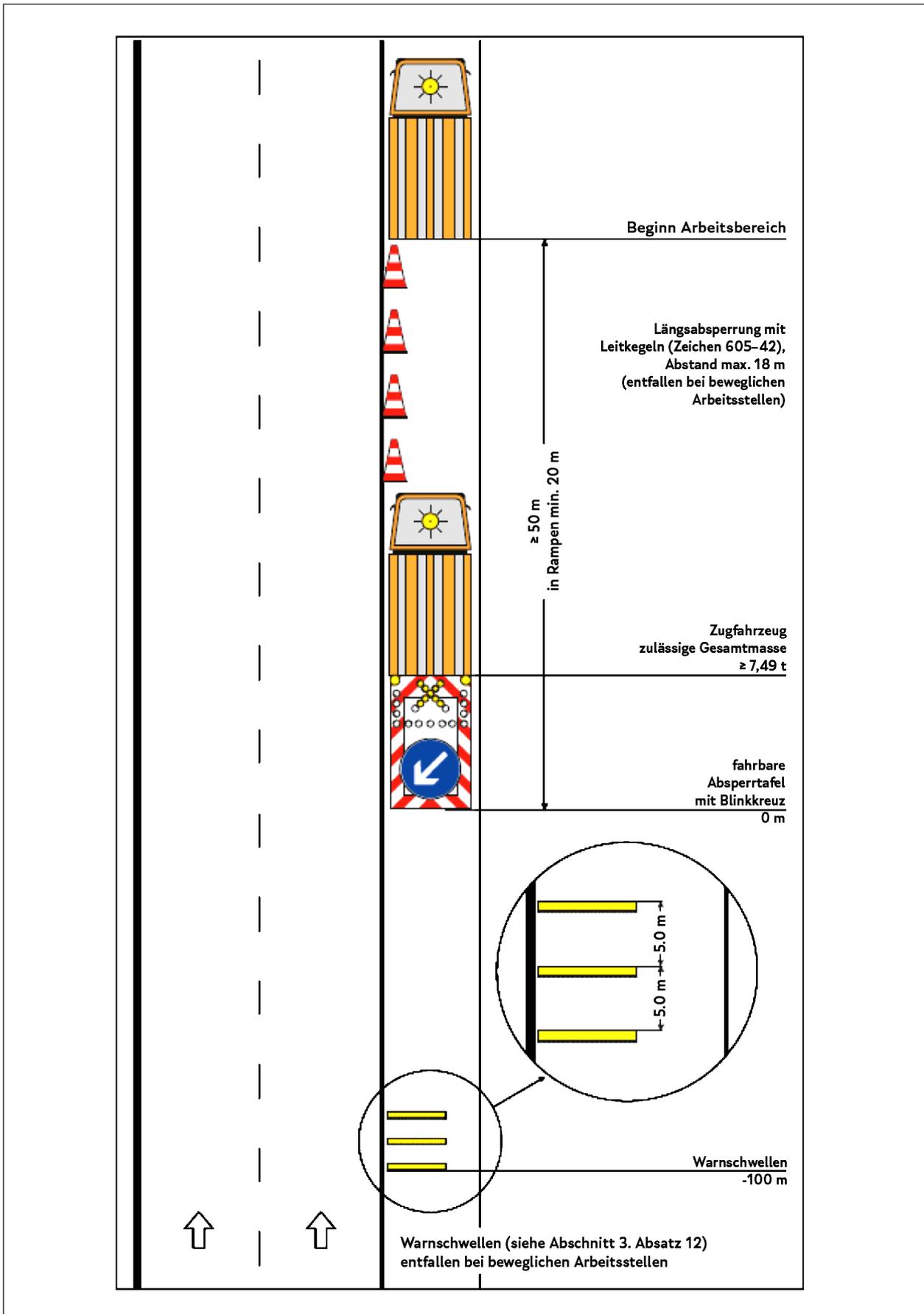


Bild 2-1: Verkehrstechnische Gestaltung einer Arbeitsstelle von kürzerer Dauer auf dem Seitenstreifen [FGSV 2021]

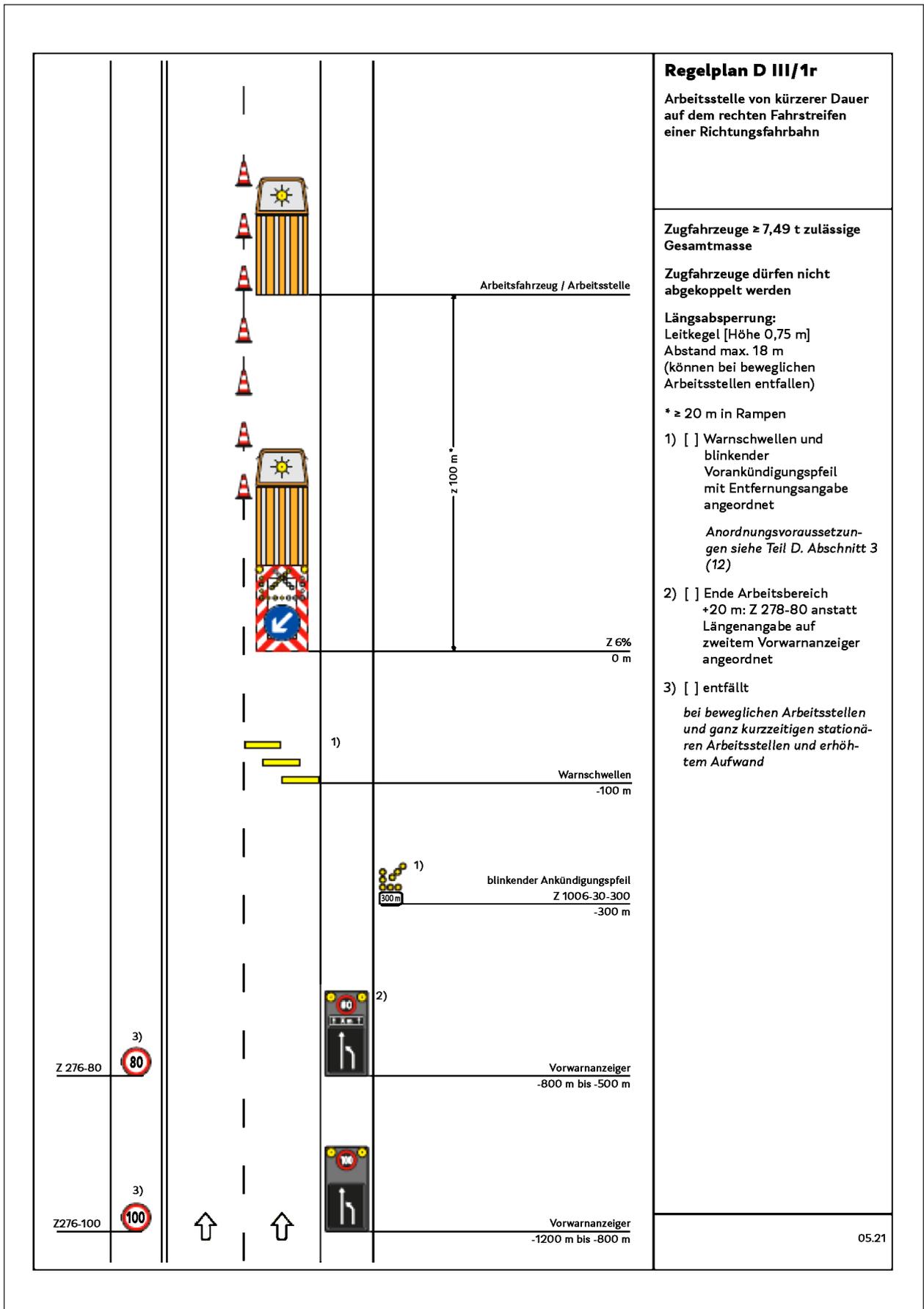


Bild 2-2: Regelplan D III/2r [FGSV 2021]

2.3.2 Technische Regeln für Arbeitsstätten: Anforderungen an Arbeitsplätze und Verkehrswege auf Baustellen im Grenzbereich zum Straßenverkehr – Straßenbaustellen (ASR 5.2)

Die ASR 5.2 wurde durch das Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS) im Dezember 2018 bekanntgegeben [BMAS 2018]. Sie konkretisiert die schon seit langem bestehenden Anforderungen der Arbeitsschutzverordnung. Schwerpunkt sind Arbeitsstätten längerer Dauer. Hinweise für die Anwendung der ASR 5.2 unter Berücksichtigung der RSA gibt die Handlungshilfe für das Zusammenwirken von ASR 5.2 und RSA bei der Planung von Straßenbaustellen im Grenzbereich zum Straßenverkehr, die 2021 durch das BMDV mit ARS 6/2021 bekannt gemacht wurde [BAST et al. 2020].

Im Wesentlichen werden in der ASR 5.2 für Arbeiten im Grenzbereich zum fließenden Kraftfahrzeugverkehr folgende Maße definiert:

- Seitlicher Sicherheitsabstand S_Q : Sicherheitsabstand zu vorbeifahrenden Fahrzeugen
- Sicherheitsabstand S_L : Sicherheitsabstand zu ankommenden Fahrzeugen
- Mindestbreite B_M : Bewegungsfläche für Arbeitsplätze neben der Arbeitsstelle

Die ASR ist anzuwenden bei „...Einrichten, Betreiben und den Abbau von Arbeitsplätzen und Verkehrswegen auf Baustellen im Grenzbereich zum Straßenverkehr, bei denen durch den fließenden Verkehr Gefährdungen für die Beschäftigten entstehen können. Sie findet auch Anwendung für die dazugehörigen Verkehrssicherungsarbeiten“ [BMAS 2018]. Bei Tätigkeiten, bei denen sich Beschäftigte auf oder in einem Arbeitsfahrzeug befinden und keine Herauslehnen erforderlich ist, findet die ASR 5.2 keine Anwendung; in diesen Fällen gelten die Regelungen der Betriebssicherheitsverordnung, nach denen eine entsprechende Gefährdungsbeurteilung notwendig ist und der Arbeitgeber den sicheren Einsatz gemäß Stand der Technik festgestellt hat [BAST et al. 2020].

Entsprechend der Handlungshilfe sind bei AkD, die einen Großteil der Arbeiten des Straßenbetriebsdienstes ausmachen, folgende Aspekte zu berücksichtigen:

- In AkD sind für Arbeiten, bei denen Personal vor einer Absicherung arbeitet, die Sicherheitsabstände S_Q und S_L anzuwenden.

- Für zeitliche begrenzte Aufgaben (Be- und Entladen von Werkzeug und Material) darf S_Q betreten werden, außerhalb von Autobahnen auch S_L . Allerdings sind diese Situationen zu minimieren.
- B_M ist anzusetzen, wenn sich neben der zu bearbeitenden Fläche zum Verkehrsraum hin Personal aufhalten muss. Wenn die Arbeiten jedoch ausschließlich von der dem Verkehr abgewandten Seite durchgeführt werden können, ist B_M nicht notwendig.
- Bei mobilen AkD sind S_Q , S_L und B_M nicht erforderlich, da die Arbeiten aus dem Fahrzeug heraus durchgeführt werden; dies gilt auch für mitlaufendes Personal, das sich im Nahbereich bzw. seitlich versetzt vor dem Fahrzeug befindet.
- Wenn die Gefährdungen zum Auf- und Abbau einer Verkehrssicherung größer als die Gefährdungen bei kurzzeitigem Arbeiten im Sicherheitsabstand S_L sind, ist die Arbeit innerhalb S_L zulässig.

Entsprechend der Handlungshilfe [BAST et al. 2020] sind insbesondere folgende Arbeiten in AkD zu betrachten:

- Markierungsarbeiten von Leitlinien: Hier gilt die Betriebssicherheitsverordnung und nicht die ASR 5.2, allerdings sind für die Gefährdungsbeurteilung ebenfalls entsprechende Maße zu berücksichtigen. Relevant sind vor allem der Auf- und Abbau von Leitkegeln, um das Überfahren der frischen Markierung zu verhindern.
- Beheben von Fahrbahnschäden als Sofortmaßnahme: Es gilt die ASR 5.2, der seitliche Sicherheitsabstand ist einzuhalten. B_M ist zusätzlich nur notwendig, wenn das Schlagloch von allen Seiten aus bearbeitet werden muss.
- Auf- und Abbau von transportablen Schutzeinrichtungen (TSE): Da TSE keine Verkehrseinrichtung gemäß StVO sind, ist der seitliche Sicherheitsabstand S_Q gemäß ASR 5.2 einzuhalten. Beim Aufbau ist auf beiden Seiten der TSE ein Arbeitsplatz notwendig, für den die Breite B_M zu berücksichtigen ist.

In der Handlungshilfe [BAST et al. 2020] werden die relevanten Arbeiten des Betriebsdienstes in drei Kategorien eingeteilt:

- Kategorie A: Aufgaben auf oder neben der Fahrbahn, in der Regel ortsfest, bei denen Personal

Zuordnung der Aufgaben des Betriebsdienstes zu den Kategorien (X im Regelfall, (X) bei einzelnen Phasen oder im Einzelfall)	A	B	C
Schäden an Fahrbahnen beseitigen	X		
Schäden und Mängel an unbefestigten Flächen beseitigen	X	(X)	(X)
Schäden und Mängel an steinschlaggefährdeten Felshängen beseitigen	X	(X)	(X)
Schäden an Ingenieurbauwerken und deren Entwässerungseinrichtungen beseitigen, Bauwerkskontrolle (evtl. auch mit Brückenuntersichtgerät)	X	(X)	
Kontrolle und Beseitigung von Schäden an Straßenrinnen, befestigten Straßengräben und Straßenabläufen	X		X
Schäden an Rohrleitungen, Durchlässen und Schächten beseitigen	(X)		X
Grasflächen im Straßenrandbereich mähen		X	X
Sichtfelder und Verkehrsinseln im Bereich von Knotenpunkten mähen	X	X	
Gehölze im Straßenrandbereich zurückschneiden	(X)	(X)	X
Bäume kontrollieren, pflegen, fällen und sanieren	X	(X)	(X)
Verkehrszeichen instand halten	X	X	X
Leitpfosten und Stationierungszeichen instand halten	X		X
Passive Schutzeinrichtungen instand halten	X		X
Wild- und Amphibienschutzzäune instand halten	X		X
Lichtzeichenanlage (LZA) u. Verkehrsbeeinflussungsanlagen (VBA) warten und instand halten	X		(X)
Beleuchtungsanlagen warten und instand halten			X
Betriebstechnische Anlagen in und an Tunneln warten und instand halten	X		
Betriebstechnische Anlagen für den Winterdienst warten und instand halten	X		
Verkehrsinseln inkl. Ausstattung reinigen und instand halten	X		(X)
Fahrbahnen kehren	X	X	
Verkehrsbehindernde bzw. -gefährdende Verschmutzungen oder Tierkadavern auf Verkehrsflächen beseitigen	X		
Befestigte Straßenmulden und -gräben und Straßenabläufe reinigen	(X)	X	
Schächte (inkl. Rohrleitungen). Durchlässe, Sinkkästen und Düker reinigen	X	(X)	
Tunnel reinigen	(X)	X	
Verkehrszeichen reinigen	X	X	X
Leitpfosten reinigen	(X)	X	
Fahrbahnen streuen		X	
Fahrbahnen räumen und streuen		X	
Erhebliche Schneeverwehungen und Randwälle beseitigen	X	X	(X)
Beseitigung von Unfallschäden /Unfallaufnahme	X		X
Allgemeine Wartungstätigkeiten/Streckenwartung	X	X	X
Aufnahme von Fahrbahnschäden	X		
Absicherung von Gefahrenstellen	X		
Stellen von Amphibienschutzeinrichtungen	X		(X)
Abfälle entlang der Strecke einsammeln und entsorgen	X		(X)

Tab. 2-1: Zuordnung der relevanten Aufgaben des Betriebsdienstes zu den Kategorien A, B und C [BASt et al. 2020]

außerhalb der Fahrzeuge eingesetzt wird. Die ASR 5.2 sind zu beachten.

- Kategorie B: Aufgaben auf oder neben der Fahrbahn, bei denen kein Personal außerhalb von

Fahrzeugen eingesetzt wird. Arbeitsstellen sind in der Regel mobil. ASR 5.2 ist nicht relevant, sondern die Betriebssicherheitsverordnung.

- Kategorie C: Personal wird am Fahrbahnrand oder neben der Fahrbahn eingesetzt, sodass RSA-konforme Sicherungsarbeiten notwendig sind.

Die Handlungshilfe [BASt et al. 2020] nennt folgende Maßnahmen zur Reduktion von Arbeitsplatzbreiten:

- Einsatz von Fahrzeugen geringerer Breite (Schmalspurfahrzeuge)
- Einsatz des Personals vom Fahrbahnrand aus
- Verzicht von Personal auf der Fahrbahn durch Maschineneinsatz

Weiterhin werden in der Handlungshilfe u. a. folgende Ansätze zur Verbesserung der Arbeitssicherheit genannt [BASt et al. 2020]:

- „Stärkerer Einsatz fernbedienbarer Arbeitsmittel im Betriebsdienst, z. B. Mähgeräte.
- Einsatz automatisch fahrerlos fahrender Absicherungsfahrzeuge insbesondere auf Autobahnen.
- Mechanisierung und Automatisierung von Fahrbahnreparaturen.
- Selbstfahrende Markierungsmaschine (...).
- Automatisierung des Setzens und Einholens von Leitkegeln.“

Durch Hessen Mobil wurde bereits 2019 eine Zusammenstellung zu Arbeitsstellen kürzerer Dauer (AkD) für die landesweite Anwendung eingeführt. Diese berücksichtigt ebenfalls die Anforderungen der StVO und des geltenden Arbeitsschutzes. Sie gilt jedoch nur für das Basisnetz, d. h. nicht für Bundesautobahnen [Hessen Mobil 2019].

2.3.3 Weitere Regelungen zum Arbeits- und Gesundheitsschutz

Neben den oben ausführlich vorgestellten Regelungen zur Absicherung von Arbeitsstellen unter den Aspekten Arbeitssicherheit und Verkehrssicherheit sind bei Arbeiten des Straßenbetriebsdienstes weitere Regelungen zum Arbeits- und Gesundheitsschutz zu berücksichtigen. Eine Übersicht hierzu bietet die „Zusammenstellung betriebsdienstrelevanter Regelwerke und ihrer Bedeutung für die Praxis“, die jährlich durch den Arbeitsausschuss 3.11 Straßenbetriebsdienst der Forschungsgesellschaft

für Straßen- und Verkehrswesen e. V. aktualisiert wird [FGSV 2020]. Die hierin aufgeführten Vorschriften machen deutlich, welche weiteren Gefährdungspotenziale bestehen können, die durch einen Einsatz automatischer oder autonomer Technologien im Straßenbetriebsdienst ausgeschlossen oder reduziert werden können. Insbesondere sind in der Zusammenstellung folgende Regelungen und Unfallverhütungsvorschriften (UVV) genannt [FGSV 2020]:

- Lärm- und Vibrationsarbeitsschutzverordnung (LärmVibrationsArbSchBV)
- Regel für Sicherheit und Gesundheitsschutz, Straßenbetrieb Straßenunterhalt, BGR/GUV-R 2108
- UVV Abwassertechnische Anlagen DGUV Vorschrift 22
- UVV Bauarbeiten DGUV Vorschrift 38
- UVV Krane DGUV Vorschrift 52
- UVV Flurförderfahrzeuge DGUV Vorschrift 68
- UVV Fahrzeuge DGUV Vorschrift 70
- Beurteilung der Gefährdungen und Belastungen am Arbeitsplatz im Bauhof, DGUV Information 214-064“
- Winden-, Hub- und Zugeräte, DGUV Vorschrift 54“
- Umgang mit beweglichen Straßenbaumaschinen, DGUV Regel 101-003“
- Austauschbare Kipp- und Absetzbehälter, DGUV Regel 114-010“
- Straßenbetrieb, Straßenunterhaltung, DGUV-Regel 114-016“
- Sicherer Einsatz von Absetzkippern DGUV Information 214-016
- Sichere Waldarbeiten, DGUV-Information 214-046“

2.3.4 Regelungen zum automatisierten/ autonomen Fahren

Am 21. Juni 2017 wurden in Deutschland mit der Novellierung des Straßenverkehrsgesetzes (StVG) die ersten rechtlichen Ansätze geschaffen, mit de-

nen weitere Rahmenbedingungen hinsichtlich automatisierter Fahrfunktionen festgelegt werden können. Diese Änderung legte die regulatorische Grundlage für die Zulassung von hoch- und vollautomatisierten Fahrfunktionen in Kraftfahrzeugen fest. [RUTTLOFF 2017]

Der Bundestag beschloss im Mai 2021 einen neuen Gesetzentwurf, um den Rechtsrahmen für autonome Kraftfahrzeuge (Level 4) zu schaffen. Am 28. Juli 2021 trat das Gesetz in Kraft. Dadurch sollen Fahrzeuge selbstständig in bestimmten Betriebsbereichen im öffentlichen Straßenverkehr in Deutschland fahren können. [BMDV 2021b]

Am 02. Dezember 2021 erhielt Mercedes-Benz, als erstes Automobilunternehmen der Welt, vom deutschen Kraftfahrt-Bundesamt (KBA) die Genehmigung für das (teil-)autonome Fahren auf SAE-Level 3. Die Typgenehmigung bezieht sich dabei auf ein automatisches Spurhaltesystem (Automated Lane Keeping System – ALKS), welches Mercedes selbst „Drive Pilot“ nennt. Die Grundlage für diese Genehmigung bildet die technische Zulassungsvorschrift UN-Regelung Nr. 157. Dadurch kann ein System international angeboten werden, vorausgesetzt, die jeweiligen nationalen Gesetzgebungen erlauben es. Im Rahmen dieser Regelung wird die Nutzung für Fahrzeuge der Klasse M1 aktuell noch auf Autobahnen bzw. autobahnähnlichen Straßen sowie eine Höchstgeschwindigkeit von 60 km/h begrenzt (Stand April 2022). Ist das „Drive Pilot“-System aktiviert, übernimmt das System die Fahraufgabe und entlastet den Fahrer. Außerdem werden dem Fahrer Nebentätigkeiten ermöglicht. [KBA 2021] [BENZ 2021]

Am 23. Februar 2022 wurde der nationale Rechtsrahmen für autonomes Fahren vervollständigt, indem das Bundeskabinett eine Verordnung zum Autonomen Fahren verabschiedet hat. Diese Rechtsverordnung enthält technische Vorschriften und regelt erstmals das Verfahren über die Zulassung von Kraftfahrzeugen mit autonomer Fahrfunktion zum Straßenverkehr. Ziel ist es auch, dass keine einzelnen technischen Ausnahmegenehmigungen von den jeweiligen Bundesländern mehr notwendig sind. [BMDV 2022]

Bei den aktuellen Entwicklungen im Bereich des Autonomen Fahrens spielt die sogenannte „Technische Aufsicht“ (TA) eine besondere Rolle. Diese muss jederzeit in der Lage sein, bestimmte Fahrmanöver freizugeben oder das Kraftfahrzeug zu deak-

tivieren. Für Situationen, in denen die Algorithmen keine selbstständige Entscheidung treffen können, steht ein Mensch als TA zur Verfügung und kann die Entscheidung mit Zugriff auf die sensorischen Informationen des Fahrzeugs übernehmen. Die TA befindet sich dabei z. B. in einer Leitstelle, die vom Halter des Fahrzeugs bereitgestellt wird. Das eingesetzte Personal für die TA muss zudem bestimmte akademische Anforderungen erfüllen. [TU DRESDEN 2021]

2.3.5 Regelungen zum Einsatz von Drohnen

Gemäß der Durchführungsverordnung 2019/947 der EU-Kommission über die Vorschriften und Verfahren für den Betrieb unbemannter Luftfahrzeuge werden diese in drei Betriebskategorien unterteilt. Die Einstufung in eine Betriebskategorie erfolgt anhand der Eigenschaften und Fähigkeiten eines UAS und hat Auswirkungen auf das Erfordernis von Genehmigungen für Flug und Betrieb sowie die erforderlichen Qualifikationen für den Operator. Die Einordnung in eine Kategorie kann je nach Mission unterschiedlich ausfallen, etwa je nachdem, ob über einer Menschenansammlung geflogen wird. Die Anforderungen beziehen sich auf Bedingungen (z. B. Flug über Menschenansammlungen), bei deren Erfüllung eine Einordnung in mindestens diese Kategorie erfolgt oder auf Grenzen (z. B. Gewicht), deren Überschreitung automatisch zur Einordnung in eine höhere Kategorie führt.

Betriebskategorie	Anforderungen
Offene Kategorie (Open)	Das Gewicht beträgt weniger als 25 kg Betrieb nicht über Menschenansammlungen Die Flughöhe darf 120 m über dem Boden (AGL) nicht überschreiten Betrieb nur in direkter Sichtverbindung (VLOS) Kein Transport von Gefahrgut oder Menschen
Spezielle Kategorie (Specific)	Das Gewicht überschreitet 25 kg Betrieb oberhalb von 120 m AGL oder in speziellen Lufträumen Betrieb außerhalb der direkten Sichtverbindungen (BVLOS)
Zulassungspflichtige Kategorie (Certified)	Der Betrieb erfolgt über Menschenansammlungen Es wird Gefahrgut transportiert Es werden Menschen transportiert

Tab. 2-2: Betriebskategorien für UAS [BMDV 2021c]

Die Rahmenbedingungen zum Flug im Umfeld des Straßenverkehrs werden in § 21h Absatz 3 Nr. 5 LuftVO geregelt. Das geografische Gebiet besteht demnach über und innerhalb eines seitlichen Abstands von 100 Metern zu Bundesfernstraßen.

Ein Betrieb innerhalb des seitlichen Abstands von 100 Metern ist demnach zulässig, wenn

- [...] im Fall eines Überflugs von Bundesfernstraßen [...] der Betrieb in der „speziellen“ Kategorie stattfindet und die besonderen Gefahren des Überflugs von Bundesfernstraßen [...] innerhalb der Risikobewertung nach Artikel 11 der Durchführungsverordnung (EU) 2019/947 ausreichend berücksichtigt wurden,
- wenn die zuständige Stelle oder der Betreiber der Einrichtungen dem Betrieb des unbemannten Fluggerätes ausdrücklich zugestimmt hat,
- wenn die Höhe des Fluggerätes über Grund stets kleiner ist als der seitliche Abstand zur Infrastruktur und der seitliche Abstand zur Infrastruktur stets größer als 10 Meter ist [...] (Bundesamt für Justiz 14.06.2021)

Auch wenn diese Randbedingungen eingehalten werden, ist eine Betriebsgenehmigung erforderlich. Grundsätzlich können drei verschiedene Erlaubnisse beantragt und ausgesprochen werden:

- Geografische Allgemeinerlaubnis
- Geografische Einzelerlaubnis
- Betriebsgenehmigung nach Artikel 12 der EU-Durchführungsverordnung 2019/947

Für das Aussprechen von Betriebsgenehmigungen ist je nach Bundesland das Luftfahrt-Bundesamt oder die jeweilige Luftfahrtbehörde des Landes zuständig.

2.4 Marktpotenziale im Straßenbetriebsdienst

Der Straßenbetriebsdienst in Deutschland wurde mit Stand 31.12.2018 durch 157 Autobahn-, 27 Misch- und 533 Straßenmeistereien durchgeführt [HANKE 2019]. Mit der Übertragung des Autobahnnetzes zum 01.01.2021 wurden die 27 Mischmeistereien aufgelöst und neu zugeordnet, aktuell verfügt die Autobahn GmbH des Bundes über 178 Meistereien und 14 ständig besetzte Stützpunkte

[Autobahn GmbH 2021]. Hinzu kommen weitere Meistereien privater Dienstleister, die im Rahmen der ÖPP-Projekte Autobahnen betreuen, sowie die Meistereien in Thüringen, wo der Straßenbetriebsdienst für das nachgeordnete Streckennetz privatisiert ist.

Eine standardisierte Ausstattung der Meistereien mit Fahrzeugen und Großgeräten besteht nicht. Einen Anhaltspunkt für die Ausstattung einer durchschnittlichen Autobahnmeisterei mit 70 km Netzlänge gibt jedoch der M 7 Maßnahmenkatalog Straßenbetriebsdienst: Management der Fahrzeug- und Geräteausstattung für den Straßenbetriebsdienst [BEKORS 2013]. Für die Ausstattung mit fahrbaren Absperrtafeln bzw. Vorwarneinheiten wird der inzwischen veraltete und nicht mehr gültige MK 8 Maßnahmenkatalog Straßenbetriebsdienst: Ermittlung des Fahrzeug- und Gerätebedarfs für Autobahn- und Straßenmeistereien herangezogen [LFA 2003]. In Tabelle 2-3 sind die hiernach vorgesehene Anzahl je Autobahnmeisterei und daraus hochgerechnet der Bestand in Deutschland zusammengestellt. Für die Fahrzeuge kann von einer Abschreibungsdauer von ca. 10 Jahren, für die Großgeräte von ca. 10 bis 15 Jahren ausgegangen werden. Aufgrund zahlreicher Unfallschäden ist die Lebensdauer der Anhänger für Absicherung und Vorwarnung schwierig abzuschätzen, sie kann überschlägig auch mit maximal 10 Jahren angesetzt werden.

Der Leistungsumfang im Straßenbetriebsdienst ist vielfältig. Er gliedert sich gemäß dem Leistungsheft für den Straßenbetrieb auf Bundesfernstraßen [BMDV 2021d] in folgende sechs Leistungsbereiche:

- LB 1: Bauliche Unterhaltung
- LB 2: Grünpflege
- LB 3: Wartung und Instandhaltung der Straßenausstattung
- LB 4: Reinigung
- LB 5: Winterdienst
- LB 6: Weitere Leistungen

Insgesamt sind 56 Leistungen definiert. Hinzu kommen Tätigkeiten in Autobahnmeistereien, die über den Straßenbetrieb hinausgehen, z. B. im Rahmen der Erhaltung, sowie Kontrolltätigkeiten und Tätigkeiten zur Absicherung. Der Umfang der Leistungsbereiche am gesamten Leistungsspektrum variiert in den Regionen und Meistereien und hängt im Wesentlichen vom Bestand und seiner Ausstattung so-

Fahrzeug/Gerät	je Autobahnmeisterei gemäß M 7 [BEKORS 2013] & MK 8 [LFA 2003]	Hochrechnung für Deutschland (178 AM + 10 ÖPP-Projekte), gerundete Angaben
Lkw > 18 t zul. Gesamtgewicht	6	1.200
Mehrzweck-Geräteträger	1	200
Kleinlastkraftwagen (Kolonnen- und Streckenwartfahrzeug)	7	1.300
Fahrbare Absperrtafeln	6	1.200
Vorwarntafeln	6 (aus Erfahrungswerten abweichend von MK 8)	1.200
Selbstfahrende Kehrmaschine	0,5	100
Leipfostenwaschgerät	1	200
Randstreifenmähergerät	1	200
Auslegermähergerät	1	200
Aufsatzstreugeräte	1 je Lkw oder MzGt	1.400
Schneepflüge (frontangebaut)	1 je Lkw oder MzGt	1.430

Tab. 2-3: Ausstattung der Autobahnmeistereien mit Fahrzeugen, Anhängern und Großgeräten

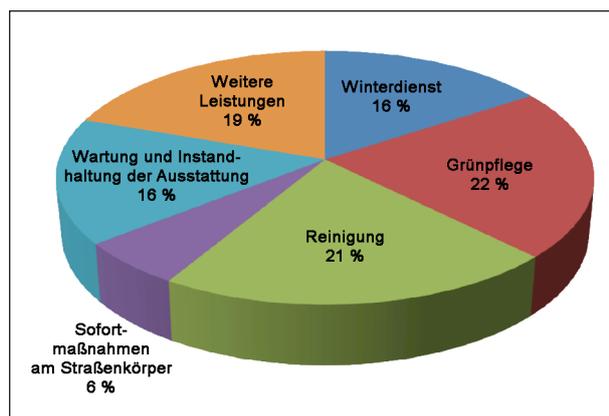


Bild 2-3: Anteile der Leistungsbereiche am Gesamtaufgabenumfang im Straßenbetrieb für Bundesautobahnen, Datengrundlage: BMDV (2020)

wie verkehrlichen und klimatischen Randbedingungen ab. Bild 2-3 macht deutlich, dass die wichtigsten Leistungsbereiche Winterdienst, Grünpflege und Reinigung sind. Bei der Wartung der Straßenausstattung sowie weiteren Leistungen sind bei den Kosten Fremdleistungen und Materialkosten in größerem Umfang zu berücksichtigen. Mit Stand 2016 betragen die Ausgaben für den Betriebsdienst auf Bundesautobahnen 42.700 €/km [HANKE 2019].

2.5 Anforderungen an die sicherheitstechnische Bewertung

Entsprechend der Marktanalyse werden Fahrzeuge/Maschinen aus verschiedenen Marktsegmenten

betrachtet. Es gelten für verschiedene Fahrzeugkategorien teilweise unterschiedliche Sicherheitsnormen mit jeweils angepassten Bewertungsmethoden für die Risikoabschätzung. Durch die Auswahl der jeweils am besten für eine bestimmte Fahrzeugkategorie passenden Bewertungsmethode aus der betreffenden ISO-Norm kann sichergestellt werden, dass die erzielten Ergebnisse praxistgerecht für die jeweiligen Anwendungsfälle sind. Aus der Betrachtung der Unterschiede der einzelnen ISO-Normen kann ergänzend bewertet werden, ob die Einschätzung des Risikopotenzials von der ausgewählten Methodik abhängt und damit eventuell manipulierbar wäre.

Für die in naher Zukunft verpflichtend werdende Cybersecurity-Vorschrift gibt es bislang wenig Erfahrung in allen betroffenen Industriesegmenten. Da die dort beschriebene Methodik eine Fortsetzung und Erweiterung der seit Jahren aus den Sicherheitsnormen bekannten Ansätze darstellt, wird das Zusammenspiel der Anforderungen aus den Perspektiven der Funktionalen Sicherheit und der Cybersecurity in Bezug auf die betrachteten Use Cases in den betroffenen Marktsegmenten bewertet.

2.5.1 Begriffsdefinition Sicherheit und Security

Bei der Entwicklung, der Produktion und dem Betrieb von Fahrzeugen, Arbeitsmaschinen und den jeweiligen Systemen sind verschiedene Sicherheitsaspekte zu beachten.

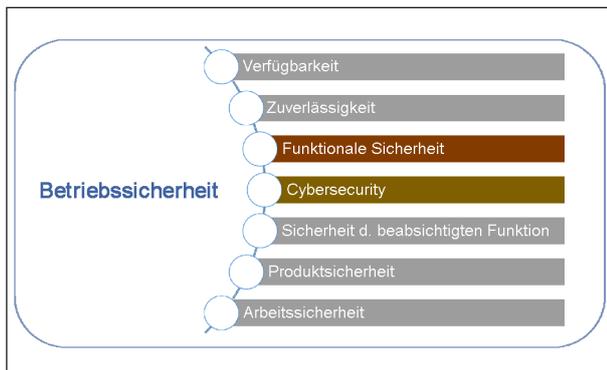


Bild 2-4: Sicherheitsaspekte der Betriebssicherheit

Die Gesamtsicherheit des Fahrzeugs oder Systems, nachdem es der Hersteller an den Endkunden bzw. Betreiber übergeben hat, lässt sich am besten mit dem Begriff „Betriebssicherheit“ zusammenfassen. Ausgehend von diesem Oberbegriff lassen sich folgende Sicherheitsaspekte ableiten, die die Erwartung des Nutzers an einen sicheren Betrieb beschreiben (s. Bild 2-4).

- **Verfügbarkeit:**
Beschreibt die Fähigkeit des Fahrzeugs oder Systems, die vom Benutzer erwartete Funktionalität zum gewünschten Zeitpunkt zur Verfügung zu stellen.
- **Zuverlässigkeit:**
Beschreibt die Fähigkeit des Fahrzeugs oder Systems, die Verfügbarkeit der Funktionalität über die gesamte Lebensdauer sicherzustellen.
- **Funktionale Sicherheit:**
Fordert die Abwesenheit unverhältnismäßiger Risiken durch Gefahren, die von einer fehlerhaften Funktion eines E/E-Systems ausgehen. Ein E/E-System ist dabei ein System, welches mindestens eine programmierbare Einheit (Steuergerät) enthält. Die Verhältnismäßigkeit eines Risikos wird durch die Wahrscheinlichkeit des Auftretens und der daraus resultierenden Schwere der möglichen Folgen bestimmt. (Definition gemäß ISO26262)
- **Cybersecurity in Fahrzeugen:**
Beschreibt den Zustand, in dem die technischen Güter bzw. das technische Kapital (im Original = Asset) ausreichend geschützt sind gegenüber Angriffen auf die elektrischen oder elektronischen Systeme und Funktionen des Fahrzeugs. (Definition gemäß ISO21434)

- **Sicherheit der beabsichtigten Funktion:**

Fordert die Abwesenheit unverhältnismäßiger Risiken durch Gefahren, die von Unzulänglichkeiten der beabsichtigten Funktion oder von vorhersehbarer Fehlbenutzung ausgehen. (Definition gemäß ISO21448 – Safety Of The Intended Functionality – SOTIF)

- **Produktsicherheit:**

Ist der auch in der Gesetzgebung verwendete Begriff für die Forderung, dass ein Produkt nur in den Verkehr gebracht werden darf, wenn es so beschaffen ist, dass bei bestimmungsgemäßer Verwendung oder vorhersehbarer Fehlanwendung Sicherheit und Gesundheit von Verwendern oder Dritten nicht gefährdet werden (§ 4 – Geräte- und Produktsicherheitsgesetz (GPSG)). Der Unterschied zwischen der Produktsicherheit und dem „SOTIF“-Begriff der ISO21448 liegt im Wesentlichen darin, dass der Anwendungsbereich der „SOTIF“ auf elektronische Systeme fokussiert ist, während die Produktsicherheit alles umfasst, also auch jedes rein mechanische System.

- **Arbeitssicherheit:**

Beschreibt die Sicherheit von Beschäftigten bei der Arbeit, also die generelle Reduzierung von Gefahren für die Gesundheit durch die ausgeführte Tätigkeit.

Die im Rahmen des AETAS BAB Projekts durchgeführten Betrachtungen und erarbeiteten Ergebnisse fokussieren vor allem auf die Aspekte Funktionale Sicherheit und Cybersecurity. Alle anderen Aspekte werden am Rande referenziert oder berücksichtigt.

2.5.2 Übersicht der Normen für Funktionale Sicherheit

In verschiedenen Industriesegmente sind unterschiedliche Sicherheitsnormen anzuwenden. Im Folgenden wird als Entscheidungsgrundlage für die Anwendung für das AETAS BAB Projekt eine kurze Übersicht über die wichtigsten Normen gegeben (s. Bild 2-5).

Generell gibt es keine Vorschriften zur Funktionalen Sicherheit in Fahrzeugen, demzufolge wird für eine Typprüfung oder Einzelabnahme eines Fahrzeugs kein Nachweis für die Anwendung der jeweiligen Sicherheitsnorm gefordert. Allerdings wird zukünftig

über die ECE-R155 für Systeme, die sowohl sicherheits-, als auch cybersecurity-relevant sind, indirekt auch die ISO26262 relevant für eine Typprüfung.

- **IEC 61508 2.0:**

Die IEC61508 ist eine übergeordnete Norm, die generell für programmierbare elektrische und elektronische Systeme anwendbar ist. Sie ist geeignet als zusätzliche Referenz für Industrie-segmente, für die eine spezielle Norm existiert, und als Basis für alle Segmente, die nicht durch eigene Normen abgedeckt sind. (Original Titel: Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems)

- **ISO 26262:2018:**

Die ISO26262 ist die Norm für sicherheitsrelevante elektronische Systeme für alle Serienfahrzeuge für den Straßeneinsatz.

- **ISO 25119:2018:**

Die ISO25119 ist anzuwenden für Agrar- und Forstraktoren sowie selbstfahrende und gezo-

gene Arbeitsmaschinen für Agrar und Forst. Außerdem ist eine Anwendung für Kommunalfahrzeuge möglich.

- **ISO 13849:2015:**

Die ISO13849 ist eine Sicherheitsnorm für alle Arten von Maschinen und Fertigungsanlagen (z. B. elektrisch, hydraulisch, mechanisch) von geringer oder höherer Komplexität

- **ISO19014:2019:**

Die ISO 19014 ist speziell auf Anforderungen für Baumaschinen zugeschnitten. Da angenommen wird, dass die AETAS BAB Anwendungen keine Baumaschinen enthalten, wird in dieser Recherche nicht weiter auf diese Norm eingegangen.

2.5.3 Übersicht Vorschriften und Normen für Cybersecurity

Einer der wesentlichen Unterschiede zwischen der Cybersecurity und der Funktionalen Sicherheit ist die Tatsache, dass nur die Cybersecurity zukünftig bei Fahrzeugtypprüfungen gefordert wird. Daher gibt es für die Cybersecurity Vorschriften und Rechtsakte, die eine rechtliche Grundlage für die Anwendung der Normen bilden.

Normen definieren in der Regel Prozesse, Methoden sowie Eigenschaften und Ausführungen und machen oft Vorgaben oder Vorschläge für deren Anwendung und technische Umsetzung. Auch wenn Normen oft den Stand der Technik repräsen-

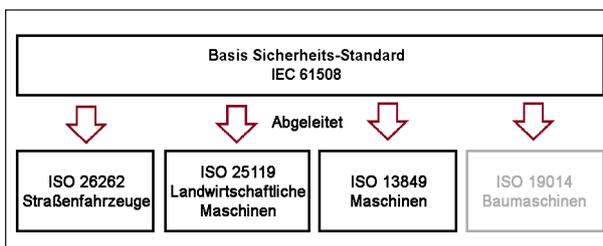


Bild 2-5: Basis Sicherheits-Standard IEC 61508

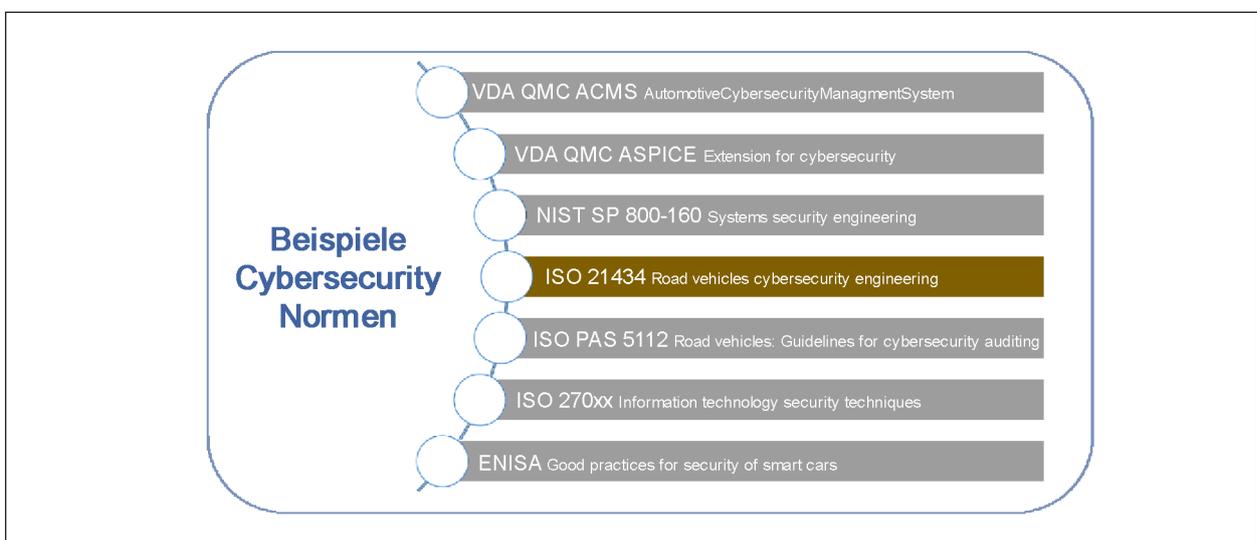


Bild 2-6: Beispiele von Cybersecurity Normen

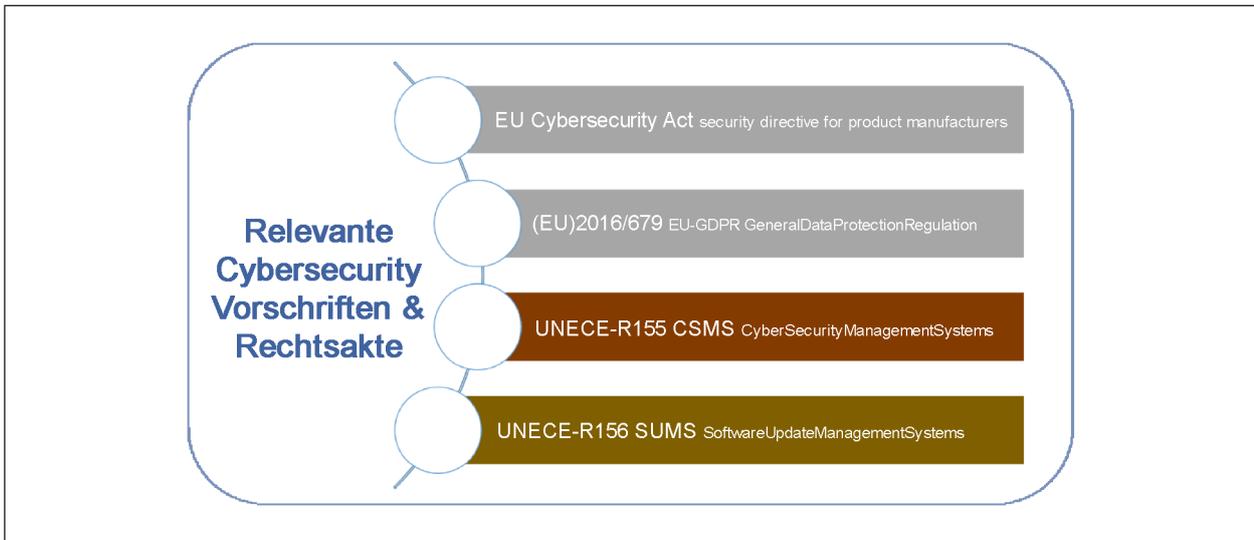


Bild 2-7: Relevante Cybersecurity Vorschriften & Rechtsakte

tieren und deren Einhaltung industrieeüblich ist, sind sie für sich gesehen nicht rechtsverbindlich. Die Kontrolle der korrekten Einhaltung obliegt den beteiligten Unternehmen und wird nicht durch unabhängige Prüforganisationen überwacht. Rechtsverbindlich in ihrer Umsetzung sind nur Vorschriften bzw. Rechtsakte. D. h. ein Produkt oder Fahrzeug darf nur in den Verkehr gebracht werden, wenn durch eine Behörde, auf Basis einer Beurteilung durch eine Prüforganisation, eine Typgenehmigung erteilt wird.

Einer der wesentlichen Unterschiede in der Auswirkung der Anwendung zwischen der Cybersecurity und der Funktionalen Sicherheit, ist die Tatsache, dass es nur für die Cybersecurity Vorschriften gibt, deren Einhaltung zukünftig bei Fahrzeugtypprüfungen nachgewiesen werden muss. Die Cybersecurity Vorschriften und Rechtsakte (s. Bild 2-7), bilden die rechtliche Grundlage für die Anwendung der Cybersecurity-Normen gemäß Bild 2-6.

2.5.4 Betrachtungsgrenzen Funktionale Sicherheit und Cybersecurity

Um das Ziel eines im Sinne der Cybersecurity betriebssicheren Fahrzeugs mit seinen elektronischen Systemen zu erreichen, ist weit mehr als nur das Fahrzeug selbst zu betrachten. Das gilt vor allem und besonders für Fahrzeuge, die im laufenden Betrieb über Drahtloskommunikation mit anderen Systemen vernetzt sind. Von daher stehen die im Rahmen des AETAS BAB Projekts zu betrachtenden Anwendungsfälle auf der höchsten Gefährdungstufe der Cybersecurity.

Die Themen Cybersecurity und Funktionale Sicherheit werden in der Regel primär als Aufgaben in der Verantwortung der Produktentwicklung wahrgenommen. Man ist gewohnt, alle o. g. Aspekte der Betriebssicherheit nahezu ausschließlich als Produkteigenschaften wahrzunehmen, die nur bei der Entwicklung und ggf. auch bei der Produktion besonderer Beachtung bedürfen. Diese Wahrnehmung ist jedoch schon für die Funktionale Sicherheit – und erst recht für die Cybersecurity – nicht ausreichend. Im Folgenden soll skizzenhaft dargestellt werden, welche Bereiche im gesamten Produktlebenszyklus betroffen sind.

Definition Produktlebenszyklus

Der Produktlebenszyklus beginnt mit der Konzeptphase der Umsetzung der Produktidee und endet mit der erfolgten Entsorgung des letzten Produktexemplars im Feld.

In der ISO26262:2018-2 ist in Kapitel 5.2.1 der Sicherheits-Lebenszyklus beschrieben, der in folgenden Phasen unterteilt wird:

- Konzeptphase
- Produktentwicklungsphase
- Produktion
- Betrieb und Wartung
- Entsorgung

Eine explizite Definition des Cybersecurity-Lebenszyklus ist in der ISO 21434 nicht beschrieben, je-

doch lässt sich aus der Gliederung des Dokuments eine vergleichbare Struktur erkennen:

- Konzeptphase
- Produktentwicklungsphase (umfasst die Produktentwicklung und die Cybersecurity-Validierung)
- Post-Entwicklungsphase (umfasst die Phasen Produktion sowie Betrieb, Wartung und Entsorgung)

Identifikation der betroffenen Unternehmensbereiche

In einer typischen Unternehmensstruktur eines Fahrzeugherstellers oder Systemlieferanten sind also neben der Entwicklungs- und Projektmanagementorganisation auch die für die Unternehmensprozesse zuständige Organisation sowie die Produktion und alle Post-Produktionsbereiche betroffen. Sofern keine eigenen Bereiche für die Funktionale Sicherheit und Cybersecurity geschaffen werden, sind diese Themen oft im Qualitätsmanagement angesiedelt.

2.5.5 Betrachtete Vorschriften und Normen für AETAS BAB

Aus der in Kapitel 2.5.2 und Kapitel 2.5.3 beschriebenen Vielzahl an Vorschriften und Normen sind nur einige für die Entwicklung und Zulassung von Fahrzeugen und deren Systeme relevant. In der Funktionalen Sicherheit ist die ISO26262 am umfangreichsten und am besten geeignet, um Fahrzeuge für den Straßenverkehr zu entwickeln und deren Zulassung zu unterstützen. Bei den anderen Normen steht eher die Arbeitssicherheit des Maschineneinsatzes im Vordergrund und nicht so sehr die Sicherheit der Fahraufgabe. Die Untersuchungen im Rahmen des AETAS BAB Projekts lehnen sich daher nur an die folgenden Werke für die Betrachtungen zur Funktionalen Sicherheit und Cybersecurity an:

Vorschriften

- ECE-R155 CSMS – Cybersecurity Management Systems
- ECE-R156 SUMS – Software Update Management Systems

Normen

- ISO21434 – Road vehicles cybersecurity engineering
- ISO26262 – Road vehicles functional safety

2.5.6 Informationsaustausch zu Cybersecurity innerhalb der Industrie

Eine weitere Besonderheit bei der Entwicklung eines Cybersecurity-relevanten Produkts ist die Tatsache, dass sich die Randbedingungen für ein ausreichendes Niveau an Cybersecurity durch die Weiterentwicklung der Angriffstechniken ständig ändern. Ein Produkt, welches bei der Markteinführung noch einen ausreichenden Schutz aufweisen konnte, kann wenige Monate später schon der Gefahr einer neuen Angriffstechnik ausgesetzt sein.

Da dies ein kollektives Problem der gesamten Industrie ist, sind spezielle Organisationen gegründet worden, die verfügbare Informationen sammeln, bündeln und den betroffenen Unternehmen zur Verfügung stellen. Zu diesen Organisationen gehören u. a.:

- AUTO-ISAC: Automotive Information Sharing and Analysis Center (<https://www.automotiveisac.com>)
- ASRG: Automotive Security Research Group (<https://www.asrg.io/>)
- Upstream (<https://www.upstream.auto/>)

3 Anforderungsanalyse

3.1 Überblick

Auf Basis der Grundlagenrecherche wurden im weiteren Projektverlauf die Anforderungen an den Einsatz automatisierter oder autonomer Technologien im Straßenbetriebsdienst aus Anwendersicht differenziert nach den Leistungsbereichen zusammengestellt. Diese Zusammenstellung wurde mit ausgewählten Experten im Rahmen eines Anwenderworkshops diskutiert. Schwerpunkt hierbei war die operative Ebene, z. B. die Meistereileitung. Durch diese Anforderungsanalyse wurden die eher auf theoretischer Ebene gewonnenen Erkenntnisse der Grundlagenrecherche schon in einer frühen Projektphase mit den Erfahrungen aus der Praxis abgeglichen.

3.2 Vorbereitungen für den Anwenderworkshop

Im Rahmen des Anwenderworkshops wurde mit mehreren Anwendern aus unterschiedlichen Autobahnmeistereien ein breites Meinungsbild erhoben. Über die Autobahn GmbH wurden im Vorfeld Einladungen an unterschiedliche Autobahnmeistereien in ganz Deutschland verschickt. Ziel war es, ein repräsentatives Gesamtbild zu erhalten. Die Rückmeldungen bzw. Teilnahmebereitschaft war dabei sehr positiv und übertraf die Erwartungen des Projektteams.

Im Vorfeld des Workshops wurden die Leistungsbe-
reiche bzw. -positionen des Straßenbetriebsdien-
stes auf Basis des Leistungshefts für den Straßenbe-
trieb auf Bundesfernstraßen (Ausgabe 2021) [BMDV 2021d] identifiziert und in einer Exceltabelle
aufgeführt. Diese Tätigkeitsfelder wurden um die
Bereiche Absicherung und Kontrollen ergänzt, die
zum Tätigkeitsumfang der Autobahnmeistereien ge-
hören, aber nicht im Leistungsheft enthalten sind.
Zu den Bundesfernstraßen gehören sowohl Bun-
desautobahnen als auch Bundesstraßen. Da sich
im Projekt AETAS BAB die Potenzialanalyse aus-
schließlich auf Bundesautobahnen bezieht, wurde
eine Vorauswahl hinsichtlich der Straßenkategorie
getroffen.

Die Tätigkeiten der Autobahnmeistereien auf Bun-
desautobahnen wurden anschließend nach weite-

ren Bewertungskriterien strukturiert. Zum Teil sind
Tätigkeiten vorhanden, die sehr speziell und oft-
mals individuell stattfinden, wie z. B. die Bekämp-
fung von Problempflanzen und gesundheitsgefähr-
denden Insekten oder die Wartung von steinschlag-
gefährdeten Felshängen. Derartige Tätigkeiten sind
in der Tabelle als nicht relevant deklariert. Zwei wei-
tere Bewertungskriterien sind das Automatisie-
rungs- und das Gefährdungspotenzial. Hierbei wer-
den die Ausprägungen niedrig, mittel und hoch un-
terschieden. Im Rahmen des Projekts sind die Be-
reiche besonders interessant, die sowohl ein hohes
Gefährdungspotenzial als auch ein hohes Automati-
sierungspotenzial aufweisen.

Die gesamte Tabelle kann im Anhang 4: Liste mit
Tätigkeiten der Autobahnmeistereien eingesehen
werden.

3.3 Durchführung und Dokumentation des Anwenderworkshops

Aufgrund der Situation bzgl. der COVID-19-Pande-
mie wurde der Anwenderworkshop online als Video-
konferenz durchgeführt. Neben dem Projektteam
waren MA der Autobahn GmbH und der BAST, so-
wie 13 MA, welche die Sicht von 16 verschiedenen
Autobahnmeistereien (Tabelle 3-1) eingebracht ha-
ben, vertreten.

Autobahnmeisterei	Bundesland	Niederlassung	Zuordnung
AM Braunschweig-Hafen	Niedersachsen	Niederlassung Nordwest	Niederlassung Nordwest (Hannover)
AM Erkner	Brandenburg	Niederlassung Nordost	Niederlassung Nordost (Stolpe)
AM Erlangen	Bayern	Niederlassung Nordbayern	Außenstelle Fürth
AM Heiligenroth	Rheinland-Pfalz	Niederlassung West	Niederlassung West (Montabaur)
AM Hittfeld	Niedersachsen	Niederlassung Nord	Niederlassung Nord (Hamburg)
AM Hönebach	Hessen	Niederlassung Nordwest	Außenstelle Fulda
AM Lengerich	Nordrhein-Westfalen	Niederlassung Westfalen	Niederlassung Westfalen (Hamm)
AM Michendorf	Brandenburg	Niederlassung Nordost	Niederlassung Nordost (Stolpe)
AM Münster	Nordrhein-Westfalen	Niederlassung Westfalen	Niederlassung Westfalen (Hamm)
AM Oberthulba	Bayern	Niederlassung Nordbayern	Außenstelle Würzburg
AM Oelde	Nordrhein-Westfalen	Niederlassung Westfalen	Niederlassung Westfalen (Hamm)
AM Osnabrück	Nordrhein-Westfalen	Niederlassung Westfalen	Außenstelle Osnabrück
AM Plauen	Sachsen	Niederlassung Nordbayern	Außenstelle Bayreuth
AM Rottweil	Baden-Württemberg	Niederlassung Südwest	Außenstelle Freiburg
AM Rünigen	Niedersachsen	Niederlassung Nordwest	Niederlassung Nordwest (Hannover)
AM Rüsselsheim	Hessen	Niederlassung West	Außenstelle Wiesbaden

Tab. 3-1: Liste der Autobahnmeistereien im Rahmen des Anwenderworkshops

Im Workshop wurden folgende Aspekte, sortiert nach den unterschiedlichen Leistungsbereichen und Tätigkeitsfeldern des Straßenbetriebsdiensts, diskutiert.

Generelle Bemerkungen und Anforderungen

- Die Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen (MA) in den Meistereien sind zwischen 15 und 65 Jahre alt. Einige MA fühlen sich abgehängt. Der Fortschritt bzw. die Veränderungen sind enorm. Die Technik, insbesondere die Bedienung, sollte intuitiv und herstellerübergreifend möglichst einheitlich sein, z. B. durch Standardisierung bzw. Harmonisierung von Bediengeräten.
- Durch den technischen Fortschritt wird der Arbeitsplatz von der Straße vor den Bildschirm verlagert. Wie verändert sich dabei das Tätigkeitsfeld eines Straßenwärters?
- Automatisierte/Autonome Systeme/Fahrzeuge müssen zum jeweiligen Betriebsdienst und zu den jeweiligen MA passen.
- Automatisierte/Autonome Systeme/Fahrzeuge müssen robust sein und sich ggf. schnell reparieren lassen. Folgende Fragen sollten dabei beachtet werden: Wie hoch sind die Ausfallzeiten? Wie hoch sind die Ausfallwahrscheinlichkeiten? Werden für eine Reparatur IT-Spezialisten benötigt?
- Grundsätzlicher Ansatz: Schritt-für-Schritt-Entwicklungen und -Automatisierungen für einzelne Aspekte.
- Statt einer Mobilfunkverbindung zu den Systemen sollte besser eine direkte Funkverbindung für bestimmte Situationen und Entfernungen bestehen.
- Rechtliche Aspekte: Wer haftet bei Unfällen oder Fehlern?
- An- und Abkoppeln von Anhängern sollte automatisiert werden, damit nicht ein- und ausgestiegen werden muss.
- Es geht nicht nur um neue Anwendungen, sondern auch darum, was es auf dem Markt bereits gibt und evtl. modifiziert werden kann.
- Bei extremem Schneefall wird für die Spurführung z. B. von Schneefräsen GPS verwendet. Hierfür ist gutes Kartenmaterial notwendig und wünschenswert. Evtl. kann auch Differential

GPS für genauere Ortung für bestimmte Einsatzzwecke verwendet werden.

- Ein robustes und ausfallsicheres Mobilfunknetz ist in vielerlei Hinsicht wünschenswert (nicht Schwerpunkt des Projekts).
- Ein einheitliches Programm für die Einsatzdatenerfassung ist für Deutschland wünschenswert (nicht Schwerpunkt des Projekts).
- Für schmale Standstreifen sind schmale Fahrzeuge/Geräte notwendig, damit der rechte Fahrstreifen nicht gesperrt werden muss.
- Markierungsarbeiten, die in der Nähe des fließenden Verkehrs stattfinden, sollten mit einem ferngesteuerten Gerät durchgeführt werden (z. B. mit einer Funk- oder Kabelverbindung). Der MA kann sich somit außerhalb des Gefahrenbereichs aufhalten. Statt einer Vollsperrung ist dann evtl. nur eine Teilspernung notwendig, es bedarf möglicherweise keiner großen Geschwindigkeitsbeschränkung (für Baufirmen interessant). Evtl. ist das nicht nur für Markierungsarbeiten, sondern auch für andere Arbeiten interessant (Abgleich mit ASR 5.2).

Leistungsbereich 1 – Bauliche Unterhaltung

Nach der Vorauswahl, gemäß der Bewertungskriterien aus Kapitel 3.2, wurden in diesem Leistungsbereich folgende Leistungspositionen als relevant identifiziert:

- Schäden an Fahrbahnen beseitigen

Hierzu gab es im Workshop folgende Anmerkungen:

- Ein automatischer Leitpfosten-setzer ist sinnvoller als ein Road Repair Patcher, da bei Straßenreparaturen oftmals noch manuelle Tätigkeit notwendig ist.

Leistungsbereich 2 – Grünpflege

Nach der Vorauswahl, gemäß der Bewertungskriterien aus Kapitel 3.2, wurden in diesem Leistungsbereich folgende Leistungspositionen als relevant identifiziert:

- Bankette, Gräben und Mulden mähen
- Mittel- und Trennstreifen zwischen Fahrbahnen mähen

- Sichtfelder im Bereich von Knotenpunkten mähen
- Erholungs- und Aufenthaltsflächen mähen
- Rasenflächen im Extensivbereich mähen
- Rückhalte-, Absetz- und Versickerungsbecken mähen
- Gehölze im Straßenrandbereich zurückschneiden
- Gehölze in Mittel- und Trennstreifen zwischen Fahrbahnen zurückschneiden
- Gehölze außerhalb des Straßenrandbereiches pflegen

Hierzu gab es im Workshop folgende Anmerkungen:

- Ein autonomer oder ferngesteuerter Mähroboter wäre sinnvoll. Eine Entwicklung ist sehr wahrscheinlich herausfordernd. Daher sollten diese Systeme intuitiv bedienbar und die Einrichtung ohne IT-Fachkräfte möglich sein.
- Bei Einsatz von Mährobotern müssen die Anforderungen in Bezug auf Umweltschutz beachtet werden (Tendenz zum einmaligen Mähen im Jahr mit einem Balkenmäher). Hierzu wurde ein Test beim ASTRA im Kanton Zürich gemacht.

Leistungsbereich 3 – Wartung und Instandhaltung der Straßenausstattung

Nach der Vorauswahl, gemäß der Bewertungskriterien aus Kapitel 3.2, wurden in diesem Leistungsbereich folgende Leistungspositionen als relevant identifiziert:

- Verkehrszeichen warten und instand halten
- Leitpfosten und Stationierungszeichen instand halten
- Passive Schutzeinrichtungen instand halten
- Wild- und Amphibienschutzanlagen instand halten
- Lichtsignalanlagen (LSA) und Verkehrsbeeinflussungsanlagen (VBA) warten und instand halten
- Beleuchtungsanlagen warten und instand halten
- Betriebstechnische Anlagen in und an Tunneln warten und instand halten

Hierzu gab es im Workshop folgende Anmerkungen:

- Mit automatischen Leitpfostensetzern ist nur eine geringe Arbeitsgeschwindigkeit möglich. Wenn mit einem derartigen System die Sicherheit für den MA jedoch erhöht wird, ist ein geringerer Arbeitsfortschritt vertretbar.

Leistungsbereich 4 – Reinigung

Nach der Vorauswahl, gemäß der Bewertungskriterien aus Kapitel 3.2, wurden in diesem Leistungsbereich folgende Leistungspositionen als relevant identifiziert:

- Fahrbahnen kehren
- Verkehrsflächen im Bereich von Rastanlagen kehren
- Verkehrsbehindernde oder -gefährdende Verschmutzungen auf Verkehrsflächen beseitigen
- Straßenrinnen, befestigte Straßenmulden und -gräben und Straßenabläufe reinigen
- WC-Anlagen von Rastanlagen reinigen
- Tunnel reinigen
- Verkehrszeichen reinigen
- Leitpfosten reinigen
- Abfälle und Müllablagerungen entlang der Strecke einsammeln
- Abfälle und Müllablagerungen auf Rastanlagen einsammeln

Hierzu gab es im Workshop folgende Anmerkungen:

- Um Entwässerungseinrichtungen zu reinigen, wären ein automatisiertes Anheben der Schachtdedeckel bzw. Ablaufdeckel sowie eine automatisierte Leerung der Eimer sinnvoll. Es gibt bereits derartige Systeme auf dem Markt, die aber nicht praktikabel sind.
- Selbstreinigende WCs: ASFINAG hat Untersuchungen zu selbstreinigenden Toiletten gemacht und festgestellt, dass der Reinigungsvorgang zu lange dauert.
- Eine automatische Leitpfostenreinigung wäre sinnvoll.

Leistungsbereich 5 – Winterdienst

Nach der Vorauswahl, gemäß der Bewertungskriterien aus Kapitel 3.2, wurden in diesem Leistungsbereich folgende Leistungspositionen als relevant identifiziert:

- Fahrbahnen streuen
- Sonstige Verkehrsflächen streuen
- Fahrbahnen räumen und streuen
- Sonstige Verkehrsflächen räumen und streuen

Hierzu gab es im Workshop folgende Anmerkungen:

- Die Bedienung von einem Seitenflügel ist im Winterdienst sehr belastend für den MA, Entwicklungen wie im Projekt «Semi Autonomous Road Maintenance Truck von Arctic» werden begrüßt. Es sollten mehr Fahrzeuge und mehr Personal im Einsatz sein, damit die Anzahl der gleichzeitig ausgeführten Tätigkeiten für den einzelnen MA reduziert werden kann.

Kontrollen

Nach der Vorauswahl, gemäß der Bewertungskriterien aus Kapitel 3.2, wurden in diesem Tätigkeitsbereich folgende Tätigkeiten als relevant identifiziert:

- Bauwerkskontrolle
- Streckenkontrolle
- Baumkontrolle

Hierzu gab es im Workshop folgende Anmerkungen:

- Bei Einsatz von Drohnen bei der Baumkontrolle wäre die automatisierte Auswertung von Luftbildern denkbar (Erkennen von geschädigten Bäumen, Erkrankungen, Herkulesstaude bzw. Riesenhornklau).
- Drohneneinsätze können auch einen Mehrwert bei Bauwerksbeobachtungen bieten. Dadurch können Luftbilder miteinander verglichen und Veränderungen ausgewertet werden (Abplatzungen, Bewegungen, Ausspülungen usw.).
- Der Drohneneinsatz ist bei einigen AM jedoch schwierig, da Flughäfen in der Nähe sind. Ein Praxistest mit einer Drohne bei einer AM ergab, dass aus rechtlichen Gründen nur neben der Autobahn geflogen werden darf. Drohnen sind bei

punktuellen Beobachtungen sinnvoll, vorausgesetzt, die Auswertung erfolgt automatisiert. Auch automatisierte, regelmäßige Flüge sind denkbar.

- Bei Streckenkontrollen werden oft parallel Wartungsarbeiten oder ähnliche Tätigkeiten durchgeführt.

Absicherung

- Unfälle finden nicht nur auf dem Seitenstreifen, sondern auch auf dem 1. oder 2. Fahrstreifen statt. Ein autonom fahrerlos fahrendes Absicherungsfahrzeug für Fahrstreifen wäre sinnvoll (aFAS für Fahrstreifen). Wanderbaustellen befinden sich aber am häufigsten auf dem Seitenstreifen.
- Ein Absicherungsfahrzeug, welches automatisiert Warnschwellen legen oder Leitkegel setzen kann (ähnlich wie bei X CONE oder Coner von der Firma Senn) ist bereits in der Testphase in der AM Rottweil oder im Kanton Zürich.
- Automatisiertes Aufstellen von Vorwarnern (ähnlich wie das System von Nissen). Bei der Absicherung z. B. eines Unfalls, werden für das Aufstellen von Vorwarnern häufig mehr MA benötigt als verfügbar sind. Eine Automatisierung wäre sinnvoll. Beispiel: Das System koppelt selbst ab, fährt rückwärts, stellt die Vorwarner auf und koppelt selbst wieder an.

4 Use Case Erstellung und Klassifikation

4.1 Überblick

Auf den Ergebnissen der Grundlagenrecherche und Anforderungsanalyse aufbauend, werden für verschiedene Leistungsbereiche des Straßenbetriebsdienstes Use Cases für den Einsatz autonomer/automatisierter Technologien erstellt. Hierbei werden unterschiedliche Einsatzbereiche abgedeckt. Um eine weitergehende Bewertung der Use Cases zu ermöglichen, werden neben dem Prozessablauf auch Kernkomponenten und Funktionen definiert sowie jeweils eine Grobeinschätzung des Risikopotenzials und hinsichtlich Cybersecurity durchgeführt. Anmerkungen, die im Expertenworkshop (Kapitel 5) zu den einzelnen Use Cases gemacht wurden, sind hier bereits mit aufgenommen.

4.2 Schneeräumen mit einem autonom agierenden Seitenpflug

Use Case Nummer	1
Use Case	Schneeräumen mit einem autonom agierenden Seitenpflug
Leistungsbereich/ Einsatzbereich	Winterdienst – Räumen und Streuen der durchgehenden Fahrbahnen
Kurzbeschreibung	Während der Schneeräumung wird der Seitenpflug vom Fahrer aktiviert. Das System passt den Seitenpflug anschließend gemäß Fahrbahnbreite und Hindernissen (Verkehr) selbstständig an (Ein- und Ausklappen, Heben und Senken bei Hindernissen).
Zielsetzung/Nutzen	Reduzierung der Kontroll- und Steuerungstätigkeiten während der Fahrt, Entlastung des Fahrers, Verzicht auf den Beifahrer.
Akteure	Fahrer des Winterdienst-Lkw
Auslöser/Trigger	Schnee auf der Autobahn, Einsatzauslösung, Aktivierung des Seitenpflugs.
Vorbedingungen	Fahrzeug auf der Richtungsfahrbahn mit Räumgeschwindigkeit (max. 60 km/h, i. d. R. bis 45 km/h)
Standardablauf/ Essenzielle Schritte	<ul style="list-style-type: none"> • Einsatzauslösung • Fahrt zur Einsatzstelle • Aktivierung des Seitenpflugs • Deaktivierung des Seitenpflugs
Nachbedingungen	Seitenpflug eingeklappt
Systemgrenzen/Abgrenzung des Use Cases	<ul style="list-style-type: none"> • Entscheidung über Seitenpflugeinsatz (Aktivierung, Deaktivierung) wird vom Fahrer getroffen. • Warnung des Fahrers bei Hindernissen, kein Eingriff in die Aktorik des Fahrzeugs.
Spezielle Anforderungen	Zuverlässige Hinderniserkennung (Fahrzeuge, Einbauten etc.) auch bei Schneefall durch Lidar, Radar, Kamera, etc. ggf. auch hochgenaue Positionierung und hochgenaue Karten zur Abbildung ortsfester Hindernisse.
Häufigkeit	Unregelmäßig i. d. R. in den Wintermonaten, wetterabhängig. Pauschale Abschätzung: 178 AM'en x 2 bis 3 Räumstaffeln x 2 Fahrzeuge = ca. 1.000 Fahrzeuge 50 Räumumläufe p. a. x 3 h/Räumumlauf = 150 h je Fahrzeug
Nutzenpotenzial	<ul style="list-style-type: none"> • Entlastung des Fahrers durch Reduktion der Überwachungs- und Steuerungstätigkeiten im Lkw. • Verzicht auf den Beifahrer, sodass Personal im regulären 3-Schicht-Betrieb fahren kann. • Erhöhung der Räumqualität durch ausreichendes Personal.
Grobeinschätzung des Risikopotenzials (funktionale Sicherheit)	Gefährdung des Fahrers und anderer Verkehrsteilnehmer, falls ungewolltes Ein- oder Ausklappen des Seitenpflugs im Fehlerfall auftritt. Sowohl systematische Fehler als auch elektronische Bauteilausfälle könnten bei unkontrollierter Bewegung des Seitenpflugs zu Kollisionen führen. Sicherer Zustand: Seitenpflug eingeklappt.
Grobeinschätzung Cybersecurity	Da die Steuerung des Seitenpflugs nur durch den Fahrer erfolgt, besteht kein Manipulationsrisiko über eine Drahtlosschnittstelle. Generelle Risiken hängen von der elektronischen Architektur und den Systemschnittstellen ab. Risiko durch Download von manipulierten Kalibrierdaten und Software ist möglich.
Vorhandener Umsetzungsgrad	Pilot in Finnland 2017, aber nicht auf Autobahn unter deutschen Bedingungen
Maßnahmen bis Serienreife	<ul style="list-style-type: none"> • Ausreichende Zuverlässigkeit der Sensorik zur Hinderniserkennung bei Schneefall, insbesondere Lidar • Technische Komponenten vorhanden, Zuverlässigkeit ist offen, umfassende Testphase notwendig • Umsetzungszeitraum: mittel (mind. 5 Jahre) • Umsetzungsaufwand: relativ niedrig, wg. Teilautomatisierung
Referenzen	Semi Autonomous Road Maintenance Truck von Arctic (Aebi Schmidt Group), s. Factsheet 01
Anmerkungen aus der Breakout Session	<ul style="list-style-type: none"> • Reaktionszeit des Pfluges ist zu berücksichtigen. • Assistenzsystem vs. Autonomes System. • Ausstattung der Fahrzeuge mit Sensorik, nicht nur Seitenpflug. • Arbeitsgeschwindigkeit ist wahrscheinlich deutlich geringer wegen Einschränkungen durch die Hydraulik; zumeist 45 – 50 km/h. System sollte aber auch auf 60 km/h ausgelegt sein, um ausreichend robust zu sein. • Der Auslieferer des Fahrzeugs übernimmt Verantwortung für die Sicherheit des Systems, um eine Straßenfreigabe zu erhalten. • System sollte robust und leicht zu bedienen sein sowie wenig Betreuungsaufwand während der Fahrt erfordern, da der Straßenwärter sich wegen widriger Witterungsbedingungen auf die Straße konzentrieren muss.

4.3 Fahrerloses Schneeräumen im Flotteneinsatz

Use Case Nummer	2
Use Case	Fahrerloses Schneeräumen im Flotteneinsatz
Leistungsbereich/ Einsatzbereich	Winterdienst – Räumen und Streuen der durchgehenden Fahrbahnen
Kurzbeschreibung	In einer Räumstaffel ist nur das erste Fahrzeug mit einem Fahrer besetzt. Das/die weiteren Fahrzeuge folgen dem Führungsfahrzeug autonom. An- und Abfahrt zur Einsatzstrecke erfolgen als Konvoi, in dem die Folgefahrzeuge dem Führungsfahrzeug folgen. Führungsfahrzeug und Folgefahrzeuge räumen und streuen.
Zielsetzung/Nutzen	Ausreichendes Personal für den regulären Einsatz von Räumstaffeln im Drei-Schicht-Betrieb
Akteure	Fahrer des Winterdienst-Lkw
Auslöser/Trigger	Schnee auf der Autobahn, Einsatzauslösung durch Einsatzleiter
Vorbedingungen	Fahrzeuge mit Streustoff beladen in der Meisterei oder in einem Stützpunkt
Standardablauf/ Essenzielle Schritte	<ul style="list-style-type: none"> • Einsatzauslösung aufgrund Schneefalls • Fahrer Führungsfahrzeug aktiviert Fahrzeuge der Räumstaffel über Fernsteuerung im Modus „Folgefahrt“ • Führungsfahrzeug und Folgefahrzeuge fahren auf dem rechten Fahrstreifen im Verbund (Platoon) bzw. mit elektron. Deichsel zum Einsatzort • Fahrer Führungsfahrzeug aktiviert Modus „Räumstaffel“ und wechselt auf den linken Fahrstreifen, Folgefahrzeuge erhöhen Abstand und wechseln auf die weiteren Fahrstreifen • Fahrer Führungsfahrzeug steuert Führungsfahrzeug und Winterdienstgeräte, Folgefahrzeuge übernehmen Streuereinstellung, folgen mit festem Abstand, reagieren aber autonom auf Hindernisse und passen ggf. Räumbreite und Spurverhalten an • Fahrer Führungsfahrzeug beendet Modus „Räumstaffel“ und startet Modus „Folgefahrt“, wechselt auf den rechten Fahrstreifen, Folgefahrzeuge wechseln auf den rechten Fahrstreifen und schließen für Folgefahrt auf • Führungsfahrzeug und Folgefahrzeuge fahren auf dem rechten Fahrstreifen im Verbund (Platoon) bzw. mit elektronischer Deichsel zurück zur Meisterei
Nachbedingungen	Fahrer des Führungsfahrzeuges deaktiviert über Fernsteuerung Fahrzeuge der Räumstaffel.
Systemgrenzen/Abgrenzung des Use Cases	<ul style="list-style-type: none"> • Führungsfahrzeug wird durch den Fahrer gefahren • Keine Fernüberwachung
Spezielle Anforderungen	<ul style="list-style-type: none"> • Hochautomatisiertes Fahren (Level 4) bis 65 km/h und Platooning marktreif • Sensorik zur Umfeld- und Hinderniswahrnehmung auch bei Schneefall, schneebedeckter Fahrbahn, Dunkelheit
Häufigkeit	Unregelmäßig i. d. R. in den Wintermonaten, wetterabhängig. Pauschale Abschätzung: 178 AM'en x 2 Räumstaffeln = ca. 350 Folgefahrzeuge 50 Räumumläufe p. a. x 3 h/Räumumlauf = 150 h je Fahrzeug
Nutzenpotenzial	<ul style="list-style-type: none"> • Personalbedarf für Räumstaffeln sinkt, MA können im regulären 3-Schicht-Betrieb eingesetzt werden. • Erhöhung der Räumqualität, da immer gesamte Fahrbahn geräumt werden kann, auch bei reduzierter Personalverfügbarkeit.
Grobeinschätzung des Risikopotenzials (funktionale Sicherheit)	Gefährdung anderer Verkehrsteilnehmer, bei Kontrollverlust über das Folgefahrzeug. Sehr hohe Schadensschwere und lebensbedrohliche Verletzungen wahrscheinlich, wenn das Folgefahrzeug ungewollt die Fahrspur verlässt. Sowohl systematische Fehler, Bauteilausfälle als auch fehlerhafte Kommunikation könnten zu unkontrolliertem Verhalten führen. Sicherer Zustand: Stillstand auf dem Fahrstreifen (alternativ: Stillstand auf dem Seitenstreifen → Autonomer Fahrstreifenwechsel notwendig)
Grobeinschätzung Cybersecurity	Da die Steuerung des Folgefahrzeugs autonom und über eine Drahtlosschnittstelle erfolgt, besteht ein hohes Manipulationsrisiko. Die Positions- und Richtungsinformationen für das Folgefahrzeug sind besonders abzusichern. Risiko durch Empfang/Download von manipulierten Kalibrierdaten und Software ist möglich.
Vorhandener Umsetzungsgrad	Pilot auf Flugbetriebsfläche bei sommerlichen Bedingungen

Maßnahmen bis Serienreife	<ul style="list-style-type: none"> • Platooning und Level 4 für Geschwindigkeiten bis 65 km/auf BAB • Zuverlässige Sensorik für Hinderniserkennung bei Schneefall • Umsetzungszeitraum: lang • Umsetzungsaufwand: hoch • Rechtliche Abklärung: wer haftet?
Referenzen	AXYARD von Daimler/AEBI für den Einsatz auf Flugbetriebsflächen, s. FactSheet Nr. 05
Anmerkungen aus der Breakout Session	<p>Besondere Herausforderungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sehr unterschiedliche Konstellationen je nach Autobahn (2-, 3-, 4-streifig): Front-/Seitenpflüge. • Ein Fahrer muss sich um mehrere Fahrzeuge kümmern und hat auch die Verantwortung für die gesamte Staffel (u. a. Problem mit Haftung). • Andere Verkehrsteilnehmer überholen ggf. zwischen den Fahrzeugen. • Verantwortung für den Fahrer zu hoch, muss bereits sein eigenes Fahrzeug angemessen kontrollieren, hat wenig Kapazitäten für zusätzliche Kontrollen, überfordernd für einen Fahrer. • Äußere Bedingungen ohnehin problematisch; Staffel ist im laufenden Verkehr unterwegs. • Personal wird ohnehin zum Beladen und zur Einsatzvorbereitung benötigt. • Wichtige Rückmeldung aus der Praxis: Use Case wird als nicht oder nur sehr schwer realisierbar eingeschätzt.

4.4 Fahrstreifen absichern mit einem autonomen Absicherungsfahrzeug

Use Case Nummer	3
Use Case	Fahrstreifen absichern mit einem autonomen Absicherungsfahrzeug
Leistungsbereich/ Einsatzbereich	<ul style="list-style-type: none"> • Absicherung auf Fahrstreifen für vorausfahrende Arbeitsfahrzeuge auf dem Fahrstreifen oder Standstreifen. • Orientierung an Markierung etc. oder anderem Fahrzeug? → Frage nach technischer Ausgestaltung. • Grundsatzfrage: Lokale Verantwortung oder zentrale Steuerung durch qualifizierten Fahrzeugführer?
Kurzbeschreibung	<p>Erweiterung aFAS durch Einsatz auf Fahrstreifen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Einsatz bei mobilen Arbeitsstellen kürzerer Dauer (AkD): autonomer Auf- und Abbau sowie autonome Fahrgang hinter einem Führungsfahrzeug, • Einsatz bei stationären AkD: autonomer Auf- und Abbau.
Zielsetzung/Nutzen	<ul style="list-style-type: none"> • Sicherheitsgewinn für das Betriebsdienstpersonal, da keine Fahrer im Absperrfahrzeug und kein Ein- und Aussteigen auf der Fahrbahn mehr notwendig sind. • Personal kann andere Aufgaben übernehmen → Effizienzgewinn.
Akteure	Fahrer Absperrfahrzeug und Fahrer Arbeitsfahrzeug
Auslöser/Trigger	Alle Arbeitsstellen, bei denen Fahrstreifen abgesperrt werden müssen, insbesondere Reparatur von Fahrbahnschäden, Arbeiten am Mittelstreifen, Arbeiten am Bankett, bei nicht ausreichender Seitenstreifenbreite (in der Praxis wird bis 3 m der rechte Fahrstreifen gesperrt).
Vorbedingungen	AkD kann aufgrund der Verkehrs- und Witterungssituation eingerichtet werden.
Standardablauf/ Essenzielle Schritte	<ul style="list-style-type: none"> • Modus Manueller Betrieb: Nicht-autonome Fahrt von Arbeitsfahrzeug und Absperrfahrzeug an Übergabestelle im Vorfeld der AkD (Parkplatz, Betriebsumfahrt etc.), die ein sicheres Verlassen des Fahrzeugs erlaubt. • Modus Gekoppelter Betrieb: Absperrfahrzeug folgt dem Führungsfahrzeug im Verbund (elektron. Deichsel) auf dem 1. Fahrstreifen mit 60 km/h. • Modus Folgebetrieb (max. 10 km/h): An der AkD entfernt sich das Arbeitsfahrzeug auf den Regelabstand (50 bis 100 m), Absperrfahrzeug bleibt stehen (stationäre AkD) oder folgt dem Arbeitsfahrzeug (mobile AkD). • Wechsel der beiden Modi bis zum Ende des Einsatzes, Übernahme des Absperrfahrzeugs an Übergabestelle durch Fahrer oder Abstellen.

Nachbedingungen	Absperrfahrzeug befindet sich im sicheren Zustand, autonome Funktion deaktiviert
Systemgrenzen/Abgrenzung des Use Cases	<ul style="list-style-type: none"> Keine autonome An- und Abfahrt auf BAB. Kein Einsatz im nachgeordneten Netz bei Querverkehr, Fußgänger, Radfahrer. Keine Fernüberwachung oder -steuerung.
Spezielle Anforderungen	<ul style="list-style-type: none"> Hochautomatisiertes Fahren (Level 4) bis 65 km/h und Platooning marktreif, insbesondere Überquerung der Anschlussstellen; hierfür Anforderung an Sensorik (Beobachtung Verkehr auf Zufahrts-/Einfädelsstreifen), Arbeitsstellen bei Dunkelheit, Ausreichende Qualifikation Betriebspersonal.
Häufigkeit	Pauschale Abschätzung: 178 AM'en x 2 AkD pro Werktag x 250 Werkstage = ca. 100.000 Einsätze p. a. in Deutschland
Nutzenpotenzial	Sicherheitsgewinn für Betriebsdienstpersonal, Fahrer Absperrfahrzeug kann temporär für andere Arbeiten eingesetzt werden.
Grobeinschätzung des Risikopotenzials (funktionale Sicherheit)	<ul style="list-style-type: none"> Gefährdung anderer Verkehrsteilnehmer oder der am Betrieb der AkD beteiligten Personen, bei Kontrollverlust über das Folgefahrzeug. Sehr hohe Schadensschwere und lebensbedrohliche Verletzungen wahrscheinlich, wenn das Folgefahrzeug ungewollt die Fahrspur verlässt und ggf. in den laufenden Verkehr gerät. Sowohl systematische Fehler, Bauteilausfälle als auch fehlerhafte Kommunikation könnten zu unkontrolliertem Verhalten führen. Auch Fehler bei der Umschaltung der Betriebsmodi sind risikobehaftet. Sicherer Zustand: Stillstand auf dem Fahrstreifen. Transponder der MA könnte zu weit entfernt sein (Verweis MOSAIK).
Grobeinschätzung Cybersecurity	Da die Steuerung des Folgefahrzeugs autonom und über eine Drahtloschnittstelle erfolgt, besteht ein hohes Manipulationsrisiko. Die Positions- und Richtungsinformationen für das Folgefahrzeug sind besonders abzusichern. Risiko durch Download von manipulierten Kalibrierdaten und Software ist möglich. Bei Steuerung über GNSS-Koordinaten sind diese ebenfalls gegen Manipulation abzusichern. Zugangs- und Inbetriebnahmeberechtigungen sind abzusichern.
Vorhandener Umsetzungsgrad	<ul style="list-style-type: none"> System aFAS bietet die Funktionalität, aber nur bis 12 km/h und nur für das Befahren des Seitenstreifens.
Maßnahmen bis Serienreife	<ul style="list-style-type: none"> Datenerfassung Arbeitsbereiche, Arbeitsabläufe Platooning und Level 4 für Geschwindigkeiten bis 65 km/h auf BAB Umsetzungszeitraum: lang Umsetzungsaufwand: mittel
Referenzen	<ul style="list-style-type: none"> Projekt aFAS
Anmerkungen aus der Breakout Session	<ul style="list-style-type: none"> Sollte das Fahrzeug auch Personen folgen können? → Arbeitsfahrzeug kann auch Personengruppe sein (mind. 100 m von Stirn des Arbeits-FZ entfernt sein), einzelne Tätigkeiten sind zusätzliche Anwendungsprozesse des eigentlichen Arbeitsprozesses. Forschungsprojekt MOSAIK → Arbeitsbereiche verorten, Georeferenzierung dieser Punkte denkbar. Digitaler Zwilling der Strecke als Voraussetzung (Bsp: Fahrzeug weiß, wo es sich einfädeln kann...). (Mobilfunk-)Netz? → Grundsatzfragen zur Infrastruktur beachten (Voraussetzung: Fahrzeug muss trotzdem zeitweise autark arbeiten und auf Hindernisse reagieren können)

4.5 Autonomes Folgen für Kolonnenfahrzeuge (Beispiel Müllsammlung)

Use Case Nummer	4
Use Case	Autonomes Folgen für Kolonnenfahrzeuge (Beispiel Müllsammlung)
Leistungsbereich/ Einsatzbereich	<ol style="list-style-type: none"> 1. Reinigung, Abfallsammlung im Straßenseitenraum (vor der Grünpflege) 2. Manuelle Reinigung der Straßenabläufe mit Schachtheber (vereinzelte) 3. Vereinzelte Begehung, Freischneiden von Wildschutzzäunen
Kurzbeschreibung	<p>Das Fahrzeug folgt autonom der Arbeitskolonne, die zu Fuß auf dem Bankett oder im Straßenseitenraum unterwegs ist.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Einsatzfall 1: Kombination von autonomem Absicherungsfahrzeug (Use Case 3) mit autonomer Folgefahrt Kolonnenfahrzeug (Einsatzbereich 1 und 2) • Einsatzfall 2: Autonome Folgefahrt: Kolonnenfahrzeug ohne zusätzliches Absicherungsfahrzeug (Einsatzbereich 3)
Zielsetzung/Nutzen	<p>Kein Mitarbeiter im Fahrzeug notwendig, daraus resultiert Sicherheitsgewinn, kein Ein- und Aussteigen auf dem Standstreifen notwendig</p> <ul style="list-style-type: none"> • Einsatzfall 1: Fahrzeug steht der Arbeitskolonne an der Arbeitsstelle, z. B. zum Aufladen von Material, und am Ende des Einsatzes zur Verfügung, sodass Leerwege entfallen können. Dadurch kann der Arbeitsprozess vereinfacht werden. • Einsatzfall 2: Fahrzeug steht der Arbeitskolonne am Ende des Einsatzes zur Verfügung, sodass Leerwege, An- und Abfahrten entfallen können. Dadurch kann der Arbeitsprozess vereinfacht werden.
Akteure	Straßenwärter
Auslöser/Trigger	Leistungen oder Kontrollen neben der Fahrbahn oder auf dem Standstreifen sind durch Mitarbeiter außerhalb des Fahrzeugs abschnittsweise notwendig.
Vorbedingungen	<ul style="list-style-type: none"> • AkD kann aufgrund der Verkehrs- und Witterungssituation eingerichtet werden • Standstreifen ist vorhanden
Standardablauf/ Essenzielle Schritte	<ul style="list-style-type: none"> • Modus Manueller Betrieb: Nicht-autonome Fahrt vom Kolonnenfahrzeug an Übergabestelle im Vorfeld der AkD (Parkplatz, Betriebsumfahrt etc.), die ein sicheres Verlassen des Fahrzeugs erlaubt. • Modus Folgebetrieb (max. 10 km/h): Das Fahrzeug folgt der Kolonne in definiertem longitudinalem Abstand bezogen auf die Stationierung auf dem Standstreifen. Hierfür Positionserkennung des Mitarbeiters über GNSS und Funkverbindung zwischen Mitarbeiter und Fahrzeug notwendig. Bei Einsatz mit zusätzlichem Absperrfahrzeug folgt das Kolonnenfahrzeug auf Höhe des Mitarbeiters. • Modus Manueller Betrieb: Zum Einsatzende Fahrt an eine sichere Übergabestelle, die sicheres Einsteigen der Mitarbeiter ermöglicht, nicht-autonome Weiterfahrt oder Rückfahrt.
Nachbedingungen	Kolonnenfahrzeug befindet sich im sicheren Zustand, autonome Funktion deaktiviert.
Systemgrenzen/Abgrenzung des Use Cases	<ul style="list-style-type: none"> • Keine autonome An- und Abfahrt auf BAB • Kein Einsatz im nachgeordneten Netz bei Querverkehr, Fußgänger, Radfahrer • Keine Fernüberwachung oder -steuerung von einer Einsatzzentrale
Spezielle Anforderungen	Hochautomatisiertes Fahren (Level 4) bis 10 km/h marktreif (Raum muss überwacht werden → ggf. sicherer Zustand)
Häufigkeit	<p>Grobe Abschätzung zum Leistungsumfang (sehr individuell je Meisterei):</p> <p>Abfallsammlung 1 bis 2 x pro Jahr (10 km pro Tag) ca. 25.000 km RFB => ca. 4.000 Einsatzstunden p. a.</p> <p>Reinigung Straßenabläufe 2 pro Jahr (100 pro Tag), 30 je km auf 25 % der RFB (ca. 25.000 km) => ca. 4.000 Einsatzstunden p. a.</p> <p>Kontrolle, Freischneiden Wildschutzzäune 1 pro Jahr (5 km pro Tag), 67 % der RFB (ca. 25.000 km) => ca. 3.000 Einsatzstunden p. a. => ca. 11.000 Einsatzstunden p. a. bei 178 AM, d. h. ca. 60 Einsatzstunden pro AM p. a. => Ausrüstung max. 1 Fahrzeug je AM</p>
Nutzenpotenzial	<ul style="list-style-type: none"> • Sicherheitsgewinn für Betriebsdienstpersonal • Kein separater Fahrer für das Kolonnenfahrzeug notwendig

Grobeinschätzung des Risikopotenzials (funktionale Sicherheit)	Bei Kontrollverlust über das Folgefahrzeug: Gefährdung anderer Verkehrsteilnehmer oder der an der AkD beteiligten Personen. Sehr hohe Schadensschwere und lebensbedrohliche Verletzungen wahrscheinlich, wenn das Folgefahrzeug ungewollt die Fahrspur verlässt und ggf. in den laufenden Verkehr gerät. Sowohl systematische Fehler, Bauteilausfälle als auch fehlerhafte Kommunikation könnten zu unkontrolliertem Verhalten führen. Auch Fehler bei der Umschaltung der Betriebsmodi sind risikobehaftet. Sicherer Zustand: Stillstand auf dem Seitenstreifen.
Grobeinschätzung Cybersecurity	Da die Steuerung des Folgefahrzeugs autonom und über eine Drahtlosschnittstelle erfolgt, besteht ein hohes Manipulationsrisiko. Die Positions- und Richtungsinformationen für das Folgefahrzeug sind besonders abzusichern. Risiko durch Download von manipulierten Kalibrierdaten und Software ist möglich. Bei Steuerung über GNSS-Koordinaten sind diese ebenfalls gegen Manipulation abzusichern. Zugangs- und Inbetriebnahmeberechtigungen sind abzusichern.
Vorhandener Umsetzungsgrad	Systeme bei Post- und Zustelldiensten im kommunalen Umfeld in Pilot- und Erprobungsphase, prototypisch umgesetzt im Projekt VanAssist.
Maßnahmen bis Serienreife	<ul style="list-style-type: none"> • Serienreife im kommunalen Umfeld • Anpassung, Test- und Erprobungsphase für Einsatzumfeld „Autobahn“ • Umsetzungszeitraum: mittel • Umsetzungsaufwand: mittel
Referenzen	https://www.vanassist.de/
Anmerkungen aus der Breakout Session	Ggf. Anpassungen von ASR oder RSA notwendig

4.6 Vorwarntafeln automatisiert aufstellen, einsammeln und ferngesteuert bewegen

Use Case Nummer	5
Use Case	Vorwarntafeln automatisiert aufstellen, einsammeln und ferngesteuert bewegen
Leistungsbereich/ Einsatzbereich	Absicherung von mobilen Arbeitsstellen auf den Fahrstreifen (Vorwarner auf dem Seitenstreifen)
Kurzbeschreibung	Vorwarntafeln werden mit einem Einsatzfahrzeug an den Einsatzort gebracht und dort wieder eingesammelt, bei mobilen AkD werden die Vorwarntafeln von einer Einsatzzentrale ferngesteuert auf dem Standstreifen bewegt.
Zielsetzung/Nutzen	<ul style="list-style-type: none"> • Keine Mitarbeiter im Fahrzeug notwendig, daraus resultiert Sicherheitsgewinn, kein Ein- und Aussteigen auf dem Standstreifen notwendig. • Vorwarneinheiten sind leichter und können kleiner ausgeführt werden, sodass die Unfallfolgen für die Verkehrsteilnehmer beim Auffahren reduziert werden. • Es wird nur ein MA zum Auf- und Abstellen benötigt, nur ein MA in der Einsatzzentrale kann mehrere Vorwarneinheiten steuern.
Akteure	Straßenwärter, Operator (Zentrale)
Auslöser/Trigger	<ul style="list-style-type: none"> • Leistungen auf den Fahrstreifen erfordern Vorwarneinheiten • Auslöser für teleoperierte Bewegung: Abstand zur AkD wird zu groß, (automatisch GNSS-überwacht) oder auf Anforderung aus der AkD
Vorbedingungen	AkD kann aufgrund der Verkehrs- und Witterungssituation eingerichtet werden; Standstreifen ist vorhanden. Es besteht Kommunikation mit der Einsatzzentrale.
Standardablauf/ Essenzielle Schritte	<ul style="list-style-type: none"> • Vorwarneinheiten werden mit Einsatzfahrzeug an den Einsatzort oder in die Nähe des Einsatzortes gefahren und von der Fahrerkabine aus aufgestellt, ohne dass der Fahrer aussteigen muss. • Modus Teleoperierter Betrieb: Bei mobilen AkD kann die Vorwarneinheit von einer Einsatzzentrale aus ferngesteuert der AkD in den vorgesehenen Abständen folgen, Fahrt auf dem Standstreifen mit max. 10 km/h • Bei Ende der AkD werden die Vorwarneinheiten auf das Einsatzfahrzeug geladen; hierfür teleoperierte Fahrt zum Einsatzfahrzeug und Aufladen durch den Fahrer des Einsatzfahrzeugs ohne Rückwärtsfahrt oder Aussteigen

Nachbedingungen	Vorwarneinheiten sind sicher auf dem Einsatzfahrzeug aufgenommen
Systemgrenzen/Abgrenzung des Use Cases	<ul style="list-style-type: none"> Keine autonome/automatisierte Fahrt, sondern teleoperierte Fahrt mit aktiver Überwachung und Steuerung aus der Einsatzzentrale Teleoperierte Fahrt nur auf dem Standsteifen mit max. 10 km/h
Spezielle Anforderungen	<ul style="list-style-type: none"> Leistungsfähige Kommunikationsverbindung in Echtzeit für teleoperierten Betrieb Gewicht ca. 900 kg je Vorwarneinheit
Häufigkeit	<p>Pauschale Abschätzung für Autobahnmeistereien:</p> <p>178 AM'en x 2 AkD pro Werktag x 250 Werktage = ca. 100.000 Einsätze p. a. in Deutschland, davon ca. 50 % mit Vorwarntafeln (im Mittel 2 je AkD), davon ca. 50 % mobil => ca. 25.000 Einsätze p. a. mit je 2 Vorwarneinheiten</p> <p>Zusätzlich Absicherungen durch private Dienstleister, z. B. Reparatur von passiven Schutzeinrichtungen in erheblichem Umfang.</p>
Nutzenpotenzial	Sicherheitsgewinn für Betriebsdienstpersonal, keine separaten Fahrer für das Bewegen der Vorwarneinheiten bei mobilen AkD notwendig.
Grobeinschätzung des Risikopotenzials (funktionale Sicherheit)	<p>Für das Aufstellen der Vorwarneinheiten aus der Fahrerkabine ergeben sich ggf. Sicherheitsrisiken durch Fehlbedienungen oder Fehler im Arbeitsprozess, die z. B. zum Umfallen oder zur Fehlplatzierung der Vorwarneinheiten führen.</p> <p>Im teleoperierten Modus Gefährdung anderer Verkehrsteilnehmer oder der an der AkD beteiligten Personen, bei Kontrollverlust über das Folgefahrzeug. Sehr hohe Schadensschwere und lebensbedrohliche Verletzungen wahrscheinlich, wenn die Vorwarntafel ungewollt die Fahrspur verlässt und ggf. in den laufenden Verkehr gerät. Sowohl systematische Fehler, Bauteilausfälle als auch fehlerhafte Kommunikation könnten zu unkontrolliertem Verhalten führen. Höheres Risiko durch Fehlbedienung aber geringeres Risiko durch fehlerhafte Umfelsesensoren im Vergleich zum autonomen Betrieb.</p> <p>Sicherer Zustand: Stillstand</p>
Grobeinschätzung Cybersecurity	<p>Kein wesentlicher Unterschied im Risikopotenzial zwischen Teleoperation und autonomem Betrieb, da in beiden Fällen die Steuerung des Fahrzeugs über eine Drahtlosschnittstelle erfolgt, für die ein hohes Manipulationsrisiko besteht. Die Steuerungsbefehle für das teleoperierte Fahrzeug sind besonders abzusichern. Risiko durch Download von manipulierten Kalibrierdaten und Software ist möglich. Zugangs- und Betriebsberechtigungen sind abzusichern.</p> <p>Herausforderung und Verantwortung liegt grundsätzlich bei den Lieferanten.</p>
Vorhandener Umsetzungsgrad	Automatisiertes Aufstellen und Aufnehmen stationärer Vorwarntafeln auf dem Markt verfügbar (System Drop&Pick von Nissen), Piloteinsatz u. a. in der AM Neusitz
Maßnahmen bis Serienreife	<ul style="list-style-type: none"> Entwicklung mobile Vorwarntafel mit Fernsteuerung Gewährleistung eines sicheren teleoperierten Betriebs Aufbau Einsatzzentrale für den teleoperierten Betrieb in der Meisterei Umsetzungszeitraum: mittel Umsetzungsaufwand: mittel
Referenzen	Drop&Pick von Nissen (https://nissan-germany.com/drop-pick/)
Anmerkungen aus der Breakout Session	<ul style="list-style-type: none"> In Skandinavien auf Ladefläche der Lkw montiert und mit Anpralldämpfer ausgerüstet Bis zu 3 Vorwarntafeln notwendig. Verwendung leichter Fahrzeuge gut möglich, müssen aber für verschiedene Anwendungen nutzbar sein, daher ggf. zunächst Fokus auf Basis-Fahrzeug. Mehr Nutzungen/Anwendungsfälle für universelleres Fahrzeug-Konzept (Baukasten-Konzept mit spezialisierten Aufbauten) steigern Attraktivität für Industrie. Anwendungsfälle im automatisierten Bereich ähneln sich grundlegend (z. B. in Bezug auf Sensorik). Lastenheft für Use Cases von Seiten des Betriebsdienstes für Industrie, Interesse aus der Industrie besteht.

4.7 Seitenstreifen kehren mit einer autonomen Kehrmachine

Use Case Nummer	6
Use Case	Seitenstreifen kehren mit einer autonomen Kehrmachine
Leistungsbereich/ Einsatzbereich	Reinigung – Reinigung von Verkehrsflächen
Kurzbeschreibung	Der Seitenstreifen wird durch eine autonome Kehrmachine gereinigt, als bewegliche Arbeitsstelle ist keine separate Absicherung notwendig, somit ist kein Personal im Einsatz, das gefährdet ist.
Zielsetzung/Nutzen	Keine MA bei gesamtem Einsatz notwendig, dadurch Ausschluss von Unfallgefahren für die MA. Reduktion der Unfallfolgen für Verkehrsteilnehmer, da das Arbeitsfahrzeug kompakter als ein Absperrfahrzeug bzw. eine selbstfahrende Kehrmachine sein kann.
Akteure	Straßenwärter für An- und Abfahrt, Operator für Überwachung des Status
Auslöser/Trigger	Planmäßiges Kehren des Seitenstreifens
Vorbedingungen	Seitenstreifen ausreichender Breite ist durchgehend befahrbar. Bei temporärer Seitenstreifenfreigabe ist der Seitenstreifen für den Verkehr gesperrt und per Kamera geprüft worden. Es besteht Kommunikation mit der Einsatzzentrale. Einsatzaufträge in digitaler Form sind vorhanden.
Standardablauf/ Essenzielle Schritte	<ul style="list-style-type: none"> • Modus manueller Betrieb: Die Kehrmachine wird durch einen Straßenwärter an Übergabestelle im Vorfeld der Einsatzstelle (Parkplatz, Betriebsumfahrt etc.) gefahren, die ein sicheres Verlassen des Fahrzeugs erlaubt. Straßenwärter aktiviert den Modus autonomer Betrieb. • Modus autonomer Betrieb: Die Kehrmachine fährt autonom mit max. 10 km/h auf dem Seitenstreifen und kehrt ihn entsprechend des im Bordcomputer hinterlegten Einsatzplans. Verzögerungs- und Beschleunigungsstreifen werden autonom mit höherer Geschwindigkeit gequert. Absicherung erfolgt über die Absicherungseinheiten an der Kehrmachine, sodass kein separates Absicherungsfahrzeug notwendig ist. Statusmeldungen werden an die Einsatzzentrale übertragen. Bei Hindernissen, Ausfall der Kommunikation etc. ist der sichere Zustand „Anhalten“. Am Ende des Einsatzes fährt die autonome Kehrmachine an eine Übergabestelle und deaktiviert den autonomen Modus. • Modus manueller Betrieb: Die Kehrmachine wird an der Übergabestelle durch einen Straßenwärter abgeholt. Die Kehrmachine wird in die Meisterei gefahren, das Kehrgut wird entsorgt, Betriebsstoffe (Wasser, Kraftstoff) werden getankt.
Nachbedingungen	Kehrmachine befindet sich im sicheren Zustand, autonome Funktion deaktiviert
Systemgrenzen/Abgrenzung des Use Cases	Keine autonome An- und Abfahrt auf BAB. Kein Einsatz im nachgeordneten Netz bei Querverkehr, Fußgänger, Radfahrer. Keine Fernsteuerung, sondern nur Überwachung von Status-Meldungen (evtl. Fernsteuerung für Überfahrt Verzögerungs- und Beschleunigungsstreifen).
Spezielle Anforderungen	Hochautomatisiertes Fahren (Level 4) bis 40 km/h marktreif, Verzögerungs- und Beschleunigungsstreifen können autonom gequert werden.
Häufigkeit	Ca. 20.000 km Standstreifen im BAB Netz, mind. 2 x jährlich, Kehrgeschwindigkeit 5 km/h => ca. 8.000 Einsatzstunden p. a. auf der Strecke. => ca. 10 Kehrmaschinen für ausschließlichen autonomen Betrieb (zusätzlich zu vorhandenen Kehrmaschinen). Alternative: Kehrmaschinen im Mischbetrieb (autonom für Seitenstreifen und manuell für Fahrstreifen, Parkplätze, Rampen etc.): gemäß M7 1 Kehrmachine für 2 Meistereien, d. h. bei 178 Meistereien ca. 90 Kehrmaschinen
Nutzenpotenzial	Hohes Sicherheitspotenzial für Betriebsdienstpersonal, da keine Straßenwärter in der Kehrmachine oder in folgenden Absicherungsfahrzeugen im Einsatz. Kehrmachine kann aufgrund der kompakteren Bauweise auch auf Standstreifen mit 2,50 m Breite ohne Sperrung des rechten Fahrstreifens eingesetzt werden. Steigerung der Verkehrssicherheit, da Unfallfolgen bei Anprall potenziell geringer sind und da rechter Fahrstreifen nicht gesperrt werden muss. Reduktion der Staugefahr, da rechter Fahrstreifen nicht gesperrt werden muss. Straßenwärter, der für die An- und Abfahrt der Kehrmachine eingesetzt wird, kann für andere Tätigkeiten zum Einsatz kommen.
Grobeinschätzung des Risikopotenzials (funktionale Sicherheit)	Gefährdung anderer Verkehrsteilnehmer bei Kontrollverlust über das autonome Kehrfahrzeug. Sehr hohe Schadensschwere und lebensbedrohliche Verletzungen wahrscheinlich, wenn das Kehrfahrzeug ungewollt den Standstreifen verlässt und ggf. in den laufenden Verkehr gerät. Sowohl systematische Fehler, Bauteilausfälle als auch fehlerhafte Kommunikation könnten zu unkontrolliertem Verhalten führen. Auch Fehler bei der Umschaltung der Betriebsmodi sind risikobehaftet. Sicherer Zustand: Stillstand

Grobeinschätzung Cybersecurity	Da die Steuerung des Kehrfahrzeugs autonom und über eine Drahtlosschnittstelle erfolgt, besteht ein hohes Manipulationsrisiko. Die Positions- und Richtungsinformationen für das Kehrfahrzeug sind besonders abzusichern. Risiko durch Download von manipulierten Kalibrierdaten und Software ist möglich. Bei Steuerung über GNSS-Koordinaten sind diese ebenfalls gegen Manipulation abzusichern. Zugangs- und Inbetriebnahmeberechtigungen sind abzusichern.
Vorhandener Umsetzungsgrad	Mit System aFAS liegt die prototypische Umsetzung eines autonom fahrenden Fahrzeugs mit langsamer Geschwindigkeit auf dem Seitenstreifen vor. Autonom fahrende Kehrmaschinen im innerstädtischen Bereich oder auf Werksgelände werden angeboten und sind als Versuchsfahrzeuge im Einsatz.
Maßnahmen bis Serienreife	<ul style="list-style-type: none"> • Autonomes Queren von Beschleunigungs- und Verzögerungsstreifen, dafür Level 4 bis 40 km/h auf BAB serienreif • Anpassung, Test- und Erprobungsphase für Einsatzumfeld „Autobahn“ • Umsetzungszeitraum: lang • Umsetzungsaufwand: mittel
Referenzen	<ul style="list-style-type: none"> • Projekt aFAS • Smart Sweeping von Autowise.ai (FactSheet Nr. 02) • „Urban-Sweeper S2.0 Autonomous“ von Boschung (FactSheet Nr. 03)
Anmerkungen aus der Breakout Session	Use Case wurde nicht weiter erörtert. Anmerkungen zum Use Case 7 gelten sinngemäß.

4.8 Automatisierte Leitpfostenreinigung

Use Case Nummer	7
Use Case	Automatisierte Leitpfostenreinigung
Leistungsbereich/ Einsatzbereich	Reinigung – Straßenausstattung reinigen
Kurzbeschreibung	Reinigung der Leitpfosten mit einem semi-autonom fahrenden Arbeitsfahrzeug, Überfahrten an Anschlussstellen ferngesteuert, Reinigung und Fahren zwischen den Leitpfosten autonom
Zielsetzung/Nutzen	Keine MA auf der Strecke bei gesamtem Einsatz notwendig, dadurch Ausschluss von Unfallgefahren für die MA. Reduktion der Unfallfolgen für Verkehrsteilnehmer, da das Arbeitsfahrzeug kompakter als ein Geräteträger sein kann.
Akteure	Straßenwärter für An- und Abfahrt, Operator für Fernsteuerung und Überwachung der autonomen Arbeitsabläufe
Auslöser/Trigger	Planmäßige Reinigung der Leitpfosten
Vorbedingungen	Seitenstreifen ausreichender Breite ist durchgehend befahrbar. Bei temporärer Seitenstreifenfreigabe ist der Seitenstreifen für den Verkehr gesperrt und per Kamera geprüft worden. Es besteht Kommunikation mit der Einsatzzentrale. Einsatzaufträge in digitaler Form sind vorhanden.
Standardablauf/ Essenzielle Schritte	<ul style="list-style-type: none"> • Modus manueller Betrieb: Das Arbeitsfahrzeug wird durch einen Straßenwärter an Übergabestelle im Vorfeld der Einsatzstelle (Parkplatz, Betriebsumfahrt etc.) gefahren, die ein sicheres Verlassen des Fahrzeugs erlaubt. Straßenwärter aktiviert den Modus Fernsteuerung. • Modus Fernsteuerung: Durch den Operator wird das Arbeitsfahrzeug auf dem Seitenstreifen an den Einsatzort (1. Leitpfosten gefahren). Operator wechselt in den Modus „Autonomer Betrieb“. Im Modus Fernsteuerung ist das Überfahren von Ein- und Ausfahrten mit höherer Geschwindigkeit zulässig. • Modus autonomer Betrieb: Das Arbeitsfahrzeug arbeitet autonom und reinigt die Leitpfosten. Fahrt zum nächsten Leitpfosten autonom mit max. 10 km/h auf dem Seitenstreifen. Positionierung durch Erkennung des Leitpfostens. Absicherung erfolgt über eine Absicherungseinheit am Arbeitsfahrzeug, sodass kein separates Absicherungsfahrzeug notwendig ist. Statusmeldungen werden an die Einsatzzentrale übertragen. Bei Hindernissen, Überfahrten etc. ist der sichere Zustand „Anhalten“ und der Operator wird aufgefordert, in den Modus „Fernsteuerung“ zu wechseln. • Am Ende des Einsatzes autonomen Einsatzes wird der Operator aufgefordert, in den Modus „Fernsteuerung“ zu wechseln. Das Arbeitsfahrzeug wird ferngesteuert an eine Übergabestelle gefahren und der Modus Fernsteuerung wird deaktiviert. • Modus manueller Betrieb: Das Arbeitsfahrzeug wird an der Übergabestelle durch einen Straßenwärter abgeholt und in die Meisterei gefahren Betriebsstoffe (Wasser, Kraftstoff) werden getankt.

Nachbedingungen	Arbeitsfahrzeug befindet sich im sicheren Zustand, autonome Funktion und Fernsteuerung sind deaktiviert.
Systemgrenzen/Abgrenzung des Use Cases	Keine autonome An- und Abfahrt auf BAB. Kein Einsatz im nachgeordneten Netz bei Querverkehr, Fußgänger, Radfahrer.
Spezielle Anforderungen	<ul style="list-style-type: none"> • Hochautomatisiertes Fahren (Level 4) bis 40 km/h marktreif • Verzögerungs- und Beschleunigungstreifen können ferngesteuert gequert werden (hierfür sind mind. die Informationen in Echtzeit notwendig, die ein menschlicher Fahrer hat; evtl. nur bestimmte Aktionen werden freigegeben und keine direkte Fernsteuerung) • Automatisierung der Leitpfostenreinigung
Häufigkeit	ca. 20.000 km Standstreifen mit Leitpfosten im BAB Netz, 2 x jährlich in je 2 Monaten zu reinigen, Tagesleistung ca. 20 km => ca. je 1.000 Einsatztage im Frühjahr und Herbst an je 40 Arbeitstagen => ca. 25 Arbeitsfahrzeuge
Nutzenpotenzial	<ul style="list-style-type: none"> • Hohes Sicherheitspotenzial für Betriebsdienstpersonal, da keine Straßenwärter beim Leitpfostenreinigen im Geräteträger oder in folgenden Absicherungsfahrzeugen im Einsatz sind. Arbeitsfahrzeug kann auch auf Standstreifen mit 2,50 m Breite ohne Sperrung des rechten Fahrstreifens eingesetzt werden. • Steigerung der Verkehrssicherheit, da Unfallfolgen bei Anprall potenziell geringer und da rechter Fahrstreifen nicht gesperrt werden muss. • Reduktion der Staugefahr, da rechter Fahrstreifen nicht gesperrt werden muss.
Grobeinschätzung des Risikopotenzials (funktionale Sicherheit)	Gefährdung anderer Verkehrsteilnehmer bei Kontrollverlust über das Fahrzeug sowohl im autonomen als auch ferngesteuerten Betrieb. Sehr hohe Schadensschwere und lebensbedrohliche Verletzungen wahrscheinlich, wenn das Fahrzeug ungewollt den Standstreifen verlässt und ggf. in den laufenden Verkehr gerät. Sowohl systematische Fehler, Bauteilausfälle als auch fehlerhafte Kommunikation könnten zu unkontrolliertem Verhalten führen. Auch Fehler bei der Umschaltung der Betriebsmodi zwischen Fernsteuerung und autonomem Betrieb sind risikobehaftet. Sicherer Zustand: Stillstand
Grobeinschätzung Cybersecurity	Da die Steuerung des Fahrzeugs sowohl im autonomen als auch im ferngesteuerten Betrieb über Drahtlosschnittstellen erfolgt, besteht ein hohes Manipulationsrisiko. Verschiedene Schnittstellen für die beiden unterschiedlichen Betriebsmodi und der Moduswechsel erhöhen potenziell die möglichen Angriffspfade. Die Positions- und Richtungsinformationen für das Fahrzeug sind besonders abzusichern. Risiko durch Download von manipulierten Kalibrierdaten und Software ist möglich. Bei Steuerung über GNSS-Koordinaten sind diese ebenfalls gegen Manipulation abzusichern. Zugangs- und Inbetriebnahmeberechtigungen sind abzusichern.
Vorhandener Umsetzungsgrad	Mit System aFAS liegt die prototypische Umsetzung eines autonom fahrenden Fahrzeugs mit langsamer Geschwindigkeit auf dem Seitenstreifen vor. Teleoperierte Arbeitsfahrzeuge außerhalb des Verkehrsraums auf Werksgelände etc., z. B. auch in Gefahrenbereichen für komplexe Aufgaben.
Maßnahmen bis Serienreife	<ul style="list-style-type: none"> • Entwicklung mobiles Arbeitsfahrzeug mit Fernsteuerung und autonomem Betrieb für die Leitpfostenreinigung • Automatisierung der Leitpfostenreinigung • Gewährleistung eines sicheren teleoperierten Betriebs • Aufbau Einsatzzentrale für den teleoperierten Betrieb in der Meisterei • Umsetzungszeitraum: lang • Umsetzungsaufwand: hoch
Referenzen	<ul style="list-style-type: none"> • Projekt aFAS • Teleoperierte Fahrzeuge von Roboauto (FactSheet Nr. 08)
Anmerkungen aus der Breakout Session	<ul style="list-style-type: none"> • Wie viele Fahrzeuge können von einem Arbeitsplatz aus gesteuert oder überwacht werden? Einsatzzentrale: Unterscheidung von Überwachung und Steuern. Steuern eher von der AM, reine Überwachung ggf. auch zentralisiert. • Ergänzung (weiteres Anwendungsfeld): Ausstattung der Trägerfahrzeuge mit autonomen Anbaugeräten, z. B. zur Grasmahd von Bankett, Böschungen. Bessere Umgebungsbedingungen, einfachere Sensorik als z. B. im Winterdienst, hohes Nutzenpotenzial, Personaleinsparung. Evtl. problematisch: Artenschutz. • Geschwindigkeit beim Mähen mit entsprechend ausgerüstetem Fahrzeug: 3 – 5 km/h. • Variante: das Trägerfahrzeug autonom fahren lassen und den Auslegermäher manuell bedienen: Fahrzeug könnte universeller eingesetzt werden, z. B. auch für autonomes Folgen oder Reinigungsarbeiten; Mitarbeiter könnte sich auf das Gerät konzentrieren.

4.9 Automatisierte Grasmahd

Use Case Nummer	8
Use Case	Automatisierte Grasmahd
Leistungsbereich/ Einsatzbereich	Grünpflege – Grasmahd
Kurzbeschreibung	Einsatz eines Mähroboters, der autonom definierte Flächen mäht, z. B. an Anschlussstellen, Rückhaltemanlagen, Böschungen, Mulden, die nicht vom Verkehrsraum aus bearbeitet werden.
Zielsetzung/Nutzen	Effizienzsteigerung, Steigerung der Arbeitssicherheit bei Einsatz auf schwer zugänglichen Flächen
Akteure	Straßenwärter, ggf. Operator für Überwachung des Status
Auslöser/Trigger	Planmäßiges Mähen der Grasflächen erforderlich
Vorbedingungen	Gesamte Mähfläche ist durchgehend befahrbar und digitalisiert. Die Kommunikation mit Einsatzzentrale und/oder einem Straßenwärter, der im Umfeld im Einsatz ist, zur Überwachung des Einsatzstatus ist gewährleistet
Standardablauf/ Essenzielle Schritte	Mähroboter wird auf Anhänger durch Straßenwärter an den Einsatzort gebracht und über Fernsteuerung abgeladen, ggf. mit Ladekran. Der autonome Modus wird aktiviert. Der Mähroboter mäht autonom die digital im Bordcomputer hinterlegte Fläche und sendet Statusmeldungen an eine Einsatzzentrale. Bei Fehlfunktionen oder Unterbrechung der Kommunikation bleibt der Mähroboter stehen und deaktiviert das Mähwerk. Nach Ende des autonomen Mähens wird der autonome Modus automatisch deaktiviert. Der Mähroboter wird durch den Straßenwärter aufgeladen und zum nächste Einsatzort oder in die Meisterei gebracht.
Nachbedingungen	Mähroboter ist sicher auf dem Transportanhänger verladen.
Systemgrenzen/Abgrenzung des Use Cases	<ul style="list-style-type: none"> Keine Fernüberwachung oder -steuerung (nur Überwachung von Statusmeldungen) Einsatz nur auf Flächen, die nicht vom Verkehrsraum aus bearbeitet werden; d. h. kein Einsatz auf dem Bankett Keine Mähgutaufnahme Kein Einsatz auf Flächen, wo sich Fußgänger aufhalten können, d. h. an Parkplätzen oder bei parallel geführten Wegen
Spezielle Anforderungen	<ul style="list-style-type: none"> Leistungsfähige Mähwerke im autonomen Betrieb, Einsatz auf schwer zugänglichen Flächen (steile Böschungen). Sichere Erkennung von Hindernissen, Tieren (auch bei hohem Gras) z. B. durch Bumper oder Sensorik. Gewährleistung, dass definierte Flächen nicht verlassen werden.
Häufigkeit	Mahd in der Regel einmal jährlich im Extensivbereich, ein- bis zweimal jährlich bei Mulden und Gräben. Pauschale Abschätzung: 1 Mähroboter für 1 bis 2 Meistereien, d. h. 90 bis 180 Mähroboter bundesweit.
Nutzenpotenzial	Effizienzsteigerung, Qualitätssteigerung, da der Mitarbeiter, der den Mähroboter an den Einsatzort fährt, zu anderen Arbeiten eingesetzt werden kann, z. B. manuelles Mähen von Kleinfächen, Wartung der Straßenausstattung.
Grobeinschätzung des Risikopotenzials (funktionale Sicherheit)	Gefährdung anderer Verkehrsteilnehmer bei Kontrollverlust über den Mähroboter, wenn dieser ungewollt auf eine Fahrspur gerät. Sofern sichergestellt werden kann, dass der Roboter sich nur abseits der Fahrbahn bewegen kann, sinkt das Gefährdungspotenzial. Sowohl systematische Fehler, Bauteilausfälle als auch fehlerhafte Kommunikation könnten zu unkontrolliertem Verhalten führen. Auch Fehler bei der Umschaltung der Betriebsmodi sind risikobehaftet.
Grobeinschätzung Cybersecurity	Da die Steuerung des Mähroboters autonom und über eine Drahtlosschnittstelle erfolgt, besteht ein hohes Manipulationsrisiko. Die Positions- und Richtungsinformationen für den Mähroboter sind besonders abzusichern. Risiko durch Download von manipulierten Kalibrierdaten und Software ist möglich. Bei Steuerung über GNSS-Koordinaten sind diese ebenfalls gegen Manipulation abzusichern. Zugangs- und Inbetriebnahmeberechtigungen sind abzusichern.
Vorhandener Umsetzungsgrad	<ul style="list-style-type: none"> Mähroboter für Fernsteuerung serienreif und auf dem Markt angeboten Prototypische Umsetzung eines Mähroboters auf dem Bankett sowie im urbanen Raum in den USA Automatisierter Einsatz von Arbeitsgeräten in der Landwirtschaft

Maßnahmen bis Serienreife	<ul style="list-style-type: none"> • Weiterentwicklung der ferngesteuerten Mähroboter für den autonomen Einsatz. • Gewährleistung der sicheren Erkennung der Flächengrenzen und von Hindernissen auch bei hohem Gras. • Umsetzungszeitraum: mittel • Umsetzungsaufwand: gering
Referenzen	<ul style="list-style-type: none"> • Projekt Hands Free Hectare, Harper Adams University (Fact Sheet Nr. 06) • Left Hand Robotics in den USA (FactSheet Nr. 09)
Anmerkungen aus der Breakout Session	<ul style="list-style-type: none"> • Fernüberwachung (z. B. Kamera, Sensorik) wird als sehr nützlich eingeschätzt, damit nicht nach jedem Systemfehler ein Eingreifen vor Ort notwendig wird. • Geofencing oder andere Absperrmaßnahmen müssen sehr exakt ausgeführt werden, um das Verlassen der Arbeitsfläche zu vermeiden. • Use Case wird von Teilnehmern als nützlich und schnell realisierbar eingeschätzt. • Evtl. problematisch: Artenschutz

4.10 Automatisierte Streckenkontrolle mit einer Drohne

Use Case Nummer	9
Use Case	Automatisierte Streckenkontrolle mit einer Drohne
Leistungsbereich/ Einsatzbereich	Kontrollen – Streckenkontrolle
Kurzbeschreibung	Die reguläre Streckenkontrolle erfolgt durch ferngesteuerte Drohnen von einem Leitstand in der Meisterei
Zielsetzung/Nutzen	Keine Streckenkontrolle mit Langsamfahrt auf dem Standstreifen notwendig, auf Abschnitten ohne Standstreifen Streckenkontrolle ohne Gefährdung durch Langsamfahrt möglich.
Akteure	Operator im Leitstand
Auslöser/Trigger	Streckenkontrolle nach Kontrollplan
Vorbedingungen	Geeignete Witterungsbedingungen, keine Abschnitte mit Drohnenflugverbot (Flughafen)
Standardablauf/ Essenzielle Schritte	<ul style="list-style-type: none"> • Drohnen auf Gehöft und Stützpunkten stationiert • Operator aktiviert Drohnenflug nach Prüfung der Einsatzbedingungen • Drohnen fliegen definierte Streckenabschnitte ab, Operator steuert die Drohne (Trajektorie und Kamera) • Drohnenflug über Bankett bzw. Böschung neben der Richtungsfahrbahn • Streckenüberwachung erfolgt am Bildschirm • Mängel werden in Datenbank protokolliert (Bild und Position werden automatisch hinzugefügt) • Drohne kehrt zum Ausgangsort zurück
Nachbedingungen	Akku der Drohne kann automatisch geladen werden, z. B. Induktion
Systemgrenzen/Abgrenzung des Use Cases	<ul style="list-style-type: none"> • Kein autonomer Drohnenflug, keine automatische Bildauswertung • Kontrolle im Rahmen der Verkehrssicherungspflicht, keine Zustands- oder Funktionskontrolle • Tätigkeiten zur Beseitigung der Mängel müssen in einem separaten Arbeitsgang erfolgen
Spezielle Anforderungen	<ul style="list-style-type: none"> • Ausreichende Akku-Kapazität/Reichweite • Ausreichende Bildauflösung zur Erkennung von Mängeln • Speicherung von Aufnahmen
Häufigkeit	Streckenkontrolle in der Regel täglich, je AM 1 bis 2 Kontrollfahrten, d. h. ca. 200 Kontrollfahrten täglich
Nutzenpotenzial	<ul style="list-style-type: none"> • Keine Gefährdung der Streckenkontrolle durch Langsamfahrt auf dem Seitenstreifen. • Alle Arbeiten zur Mängelbeseitigung und die dafür erforderlichen Ressourcen (z. B. Absicherung) können vorab geplant werden, die Sicherheitsstandards zur Mängelbeseitigung werden eingehalten.

Grobeinschätzung des Risikopotenzials (funktionale Sicherheit)	Gefährdung der Mitarbeiter und anderer Personen oder Verkehrsteilnehmer im Falle eines Absturzes oder bei Kollision der Drohne mit Fahrzeugen. Zu den wesentlichen Risiken im Betrieb gehören der Ausfall der Kommunikation oder der Energieversorgung sowie Fehler der an der Steuerung beteiligten Hardware und Software. Zusätzliche Risiken durch Fehlbedienung. Sicherer Zustand: Landung außerhalb des Verkehrsraums Rechtliche Probleme hinsichtlich des nachgeordneten Straßennetzes, Brücken etc.
Grobeinschätzung Cybersecurity	Die drahtlose Kommunikation zwischen Drohne und Steuereinheit könnte manipuliert werden. Unberechtigte Personen könnten Zugang zu den Steuerungseinheiten gelangen. Sollte ein Teil der Strecke autonom auf Basis von GNSS-Daten zurückgelegt werden (z. B. autonome Rückkehr zum Startpunkt), besteht ein Risiko durch manipulierte GNSS Daten.
Vorhandener Umsetzungsgrad	<ul style="list-style-type: none"> • Drohnen werden zur Überwachung von Bauwerken eingesetzt (unter Sichtbedingungen) • Teleoperierte Drohnen u. a. im militärischen Bereich • Forschungsprojekt zur Vegetationskontrolle (autonomer Drohnenflug und automatisierte Datenauswertung) an Bahnstrecken • Drohnen sind marktreif verfügbar (100 km Reichweite, 90 min Flugzeit, 20 T€) • Ausreichende Bildqualität für automatische Auswertung im Sinne Gestern-Heute-Vergleich
Maßnahmen bis Serienreife	<ul style="list-style-type: none"> • Technische Komponenten verfügbar, Qualität und Einsatzbedingungen an BAB sind zu testen • Genehmigungsprozesse für Drohnenbefliegung an BAB • Leitstand in der Meisterei • Umsetzungszeitraum: kurz • Umsetzungsaufwand: gering
Referenzen	FreeRail-Forschungsprojekt von Quantum Systems, DB Fahrwegdienste, geo-konzept (Fact Sheet 15)
Anmerkungen aus der Breakout Session	<ul style="list-style-type: none"> • Alternative Systeme (z. B. Roboter auf Mittelstreifen) ebenfalls denkbar (Idee für tägl. Streckenkontrolle). • Effizienzsteigerung infolge autonomer Befliegung mit automatischer Bildauswertung interessant.

5 Expertenworkshop

5.1 Überblick

Ziel des Expertenworkshops war die Diskussion der in AP 3 erarbeiteten Use Cases mit verschiedenen Stakeholdern sowie anschließend die Reduktion der Use Cases für die weitere Konkretisierung auf drei. Die Anwendungsseite und die technische Realisierbarkeit wurden in diesem Workshop gleichermaßen betrachtet.

5.2 Vorbereitung und Durchführung des Expertenworkshops

Für den Workshop wurden zunächst die relevanten Stakeholder und Teilnehmer aus dem Kreis der Anwender, Industrie und Dienstleister identifiziert. Anschließend wurde eine Einladung an ca. 60 Personen mit folgendem Inhalt verschickt:

Zum Projekt:

Das Projekt AETAS BAB knüpft inhaltlich an das Projekt aFAS (Automatisch fahrerlos fahrendes Absicherungsfahrzeug für Arbeitsstellen auf Auto-

bahnen) an, welches grundsätzlich gezeigt hat, dass mit aktuellen Technologien ein fahrerloser Betrieb möglich ist. Da der Straßenbetriebsdienst jedoch ein relativ spezieller Bereich und überschaubarer Markt ist, werden Weiter- und Vorauentwicklungen nur recht schleppend vorgebracht, da für die aktiven Firmen häufig das Marktpotenzial zu gering und das Investitionsrisiko zu hoch sind. Deshalb dauert es leider meist lange, bis neue Technologien, wie das zuvor demonstrierte, fahrerlos fahrende Absicherungsfahrzeug, zur Verfügung stehen und eingesetzt werden können.

Im Rahmen dieses Forschungsprojekts sollen nun Bereiche im Straßenbetriebsdienst identifiziert werden, in denen auf Basis des aktuellen Stands der Technik schon heute oder in sehr naher Zukunft automatische/autonome Technologien eingesetzt werden können, um den Sicherheitsgewinn und die effizientere Leistungserfüllung weiter zu unterstützen. Aus diesen Bereichen sollen konkrete Anwendungsfälle abgeleitet und klar definiert werden. Die Identifikation soll im Zusammenspiel der auf Bundesfernstraßen agierenden Akteure der Autobahn GmbH, Straßenbauverwaltungen der Länder und Dienstleistungs-

unternehmen erfolgen. Gemeinsam mit Vertretern der Industrie sollen die durch die Anwender erarbeiteten Anwendungsfälle diskutiert und hinsichtlich ihrer Verwirklichbarkeit beurteilt werden.

Workshopinhalt:

In einer vorherigen Projektphase wurden, auch unter Einbeziehung von Anwendern aus den Autobahnmeistereien, diverse Anwendungsmöglichkeiten von automatisierten Technologien im Straßenbetriebsdienst ermittelt. Ziel des Expertenworkshops ist es nun, die Anzahl der erstellten Fälle auf drei Use Cases zu reduzieren sowie die Systemarchitektur für diese Use Cases zu konkretisieren. Hierfür sind Anwendungsseite und technische Realisierbarkeit gleichermaßen zu betrachten – zu diesem Zweck kommen Experten zusammen, um die Betrachtung aus unterschiedlichen Perspektiven zu ermöglichen:

- Anwender aus den Autobahnmeistereien, die u. U. schon am Anwenderworkshop teilgenommen haben,
- Vertreter der Industrie, z. B. Nutzfahrzeughersteller, Zulieferer, Gerätehersteller sowie
- Dienstleister.

Eine detaillierte Agenda zum Ablauf des Workshops wird in den kommenden Tagen folgen. Alle, die sich bereits angemeldet haben, werden eine entsprechende Nachricht erhalten.

Als Tool für die Anmeldung zum Workshop und für das Teilnehmer-Management wurde eine geeignete Managementplattform verwendet. Hierüber wurden anschließend weitere Informationen zum Expertenworkshop sowie die Agenda an alle Angemeldeten geschickt:

Im Projekt wurden bisher, auch unter Einbeziehung von Anwendern aus den Autobahnmeistereien, diverse Anwendungsmöglichkeiten von automatisierten Technologien im Straßenbetriebsdienst ermittelt.

Ziel des interaktiven Expertenworkshops ist es nun, die daraus abgeleiteten Anwendungsfälle vorzustellen und zu diskutieren, sowie die Anzahl der daraus entwickelten Anwendungsfälle auf drei mit dem höchsten Gesamtpotenzial zu reduzieren. Hierfür sind Anwendungsseite und technische Realisierbarkeit gleichermaßen zu betrachten.

Daraus ergibt sich folgende Agenda:

09:00 – 09:10	Begrüßung <i>Christian Lüpkes, AlbrechtConsult; Grußwort: Prof. Gerd Riegelhuth, Die Autobahn GmbH des Bundes</i>
09:10 – 09:30	Vorstellung des Projekts <i>Christian Lüpkes, AlbrechtConsult</i>
09:30 – 10:30	Vorstellung der potenziellen Anwendungsfälle <i>Prof. Christian Holldorb, Steinbeis Transferzentrum IMV</i> Anschl. Gruppeneinteilung für Breakout Sessions (gemäß separat gesendeter Doodle-Abfrage)
10:30 – 12:00	Breakout Sessions Drei parallele und moderierte Arbeitsgruppen diskutieren jeweils drei Use Cases <i>Alle Teilnehmende</i>
12:00 – 13:00	Mittagspause
13:00 – 14:00	Vorstellung der Arbeitsergebnisse aus den Breakout Sessions <i>Moderatoren der Breakout Sessions</i>
14:00 – 14:40	Wahl der Use Cases mit dem höchsten Gesamtpotenzial <i>Alle Teilnehmende</i>
14:40 – 15:00	Offene Fragen/Abschluss <i>Alle Teilnehmende</i>

Die vorhandenen neun Use Cases wurden in drei Gruppen eingeteilt, welche dann den verschiedenen Breakout Sessions zugeordnet wurden. Um sicherzustellen, dass die Teilnehmenden an der für sie interessanten Breakout Session teilnehmen können, wurde vorab eine Umfrage durchgeführt, in der die Teilnehmenden mit einer Erst- und Zweitstimme ihre Präferenz kundtun konnten.

Der Workshop wurde am 11.11.2021 von 9:00 – 15:00 Uhr mit 26 Teilnehmenden (exkl. Projektteam) erfolgreich durchgeführt und brachte wertvolle Erkenntnisse für die nächsten Arbeitsschritte. Hier wurde durch den Teilnehmerkreis (s. Tabelle 5-1) die Sicht aus vielen unterschiedlichen Bereichen eingebracht. Bei der Auswahl des Teilnehmerkreises wurde ein besonderer Fokus auf die Industrie gelegt, da durch den Anwenderworkshop bereits sehr gute Einblicke aus Anwendersicht gewonnen werden konnten. Dennoch konnten für den Workshop-Termin weniger Industrieteilnehmende gewonnen werden als erhofft.

Organisation/Firma/Institution	Perspektive
Autobahn GmbH	Öffentlicher Anwender
Autobahnmeisterei Braunschweig	Öffentlicher Anwender
Autobahnmeisterei Lengerich	
Autobahnmeisterei Münster	
Autobahnmeisterei Oelde	
Autobahnmeisterei Osnabrück	
Autobahnmeisterei Rünigen	
Autobahnmeisterei Erlangen	
Autobahnmeisterei Plauen	
Autobahnmeisterei Malchow	
B.A.S. Verkehrstechnik AG	Privater Anwender
Bundesanstalt für Straßenwesen (BAST)	Auftraggeber
Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV)	Auftraggeber
Daimler AG	Industrie
Fraunhofer-Institut für Verkehrs- und Infrastruktursysteme (IVI)	Forschung
HOCHTIEF PPP Solutions GmbH	Privater Anwender
Industrieverband Straßenausstattung e. V. (IVSt)	Industrie
Landesamt für Straßenbau und Verkehr Mecklenburg-Vorpommern	Öffentlicher Anwender
ZF Friedrichshafen AG/WABCO	Industrie

Tab. 5-1: Liste der Stakeholder beim Expertenworkshop

5.3 Ergebnisse des Expertenworkshops

Die in Kapitel 4 beschriebenen Use Cases enthalten bereits die Diskussionsergebnisse aus dem Expertenworkshop. Dabei wurden teilweise Punkte entfernt, angepasst oder ergänzt. Darüber hinaus brachte der Workshop Erkenntnisse, die sich nicht explizit auf einen Use Case beziehen, sondern Use Case übergreifend formuliert wurden und bei zukünftigen Überlegungen beachtet werden sollten. Dazu gehören folgende Punkte:

- Da mehrere Use Cases den Aspekt der automatisierten bzw. autonomen Fahrfunktion beinhalten, ist die Fokussierung auf ein Basisfahrzeug mit entsprechender Funktionalität sinnvoll, welches dann für mehrere Anwendungsfälle verwendet wird. Mit diesem Ansatz steigt die Attraktivität für die Industrie, gleichzeitig sinken die Kosten für den Anwender, da ein Basisfahrzeug für mehrere Use Cases verwendet werden könnte.

- Im Allgemeinen sind komplexe Entwicklungen, wie z. B. autonomes Fahren, speziell für einen kleinen Markt, wie es beim Straßenbetriebsdienst der Fall ist, nicht rentabel. Daher müssen die Entwicklungen im Automobilsektor beobachtet und verfügbare Technologien anschließend angepasst an den Bereich des Betriebsdienstes eingesetzt werden. Somit lassen sich Entwicklungskosten einsparen. Dennoch sollte bei der industrieseitigen Entwicklung von automatisierten Fahrfunktionen in einem frühen Entwicklungsstadium Einfluss genommen werden, damit spezifische Anforderungen im Bereich des Betriebsdienstes frühzeitig Berücksichtigung finden und eine Adaption nicht erst nach einer erfolgreichen Markteinführung, z. B. im Pkw-Bereich, geschieht.
- Die Aufnahme von möglichen Beeinflussungen autonomer Fahrzeuge in geltende Vorschriften (KritisV) und Zertifizierungen ist zu beachten.
- Auch wenn der Fokus im Projekt auf dem Straßenbetriebsdienst auf Bundesautobahnen liegt, werden viele Anwendungsfälle bzw. Teilbereiche dieser Anwendungsfälle genauso oder ähnlich auch außerhalb von Bundesautobahnen von den Straßenmeistereien durchgeführt. Auch im kommunalen Bereich gibt es ähnliche Anwendungsfälle. Bei der näheren Betrachtung der Use Cases sollte dieser Aspekt berücksichtigt werden, da dadurch auch das Marktpotenzial und damit die Rentabilität für die Hersteller gesteigert werden kann.

Im Vorfeld wurden die Use Cases bereits vom Projektteam hinsichtlich des Umsetzungszeitraumes und des Umsetzungsaufwandes beurteilt. Diese Einschätzung konnte in den Gruppendiskussionen validiert werden. In Bild 5-1 ist der Umsetzungszeitraum sowie der Umsetzungsaufwand jedes einzelnen Use Cases dargestellt.

Am Ende des Workshops wurde mithilfe eines interaktiven Umfrage-Tools eine Abstimmung mit allen Teilnehmenden durchgeführt, in welcher die Use Cases hinsichtlich folgender fünf Kriterien beurteilt wurden:

- Welche Use Cases sind aus Ihrer Sicht am ehesten technisch realisierbar?
- Welche Use Cases erhöhen aus Ihrer Sicht am meisten die Sicherheit der Mitarbeitenden im Straßenbetriebsdienst?

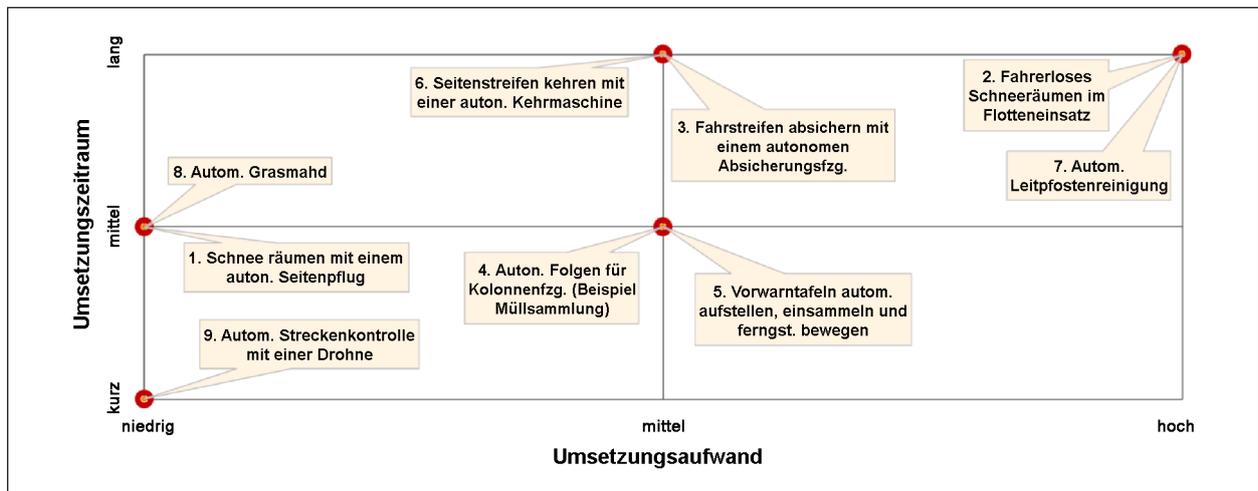


Bild 5-1: Abschätzung von Umsetzungszeitraum und Umsetzungsaufwand der Use Cases

- Welche Use Cases erhöhen aus Ihrer Sicht am meisten die Effizienz im Straßenbetriebsdienst?
- Bei welchen Use Cases müssten aus Ihrer Sicht die meisten Risiken abgesichert werden (Cyber- und Funktionssicherheit)?
- Welche Use Cases sollten aus Ihrer Sicht weiterverfolgt werden?

Jeder Teilnehmende konnte dabei drei Use Cases pro Frage auswählen. Wie bereits erwähnt, waren leider wenige Industrie-Teilnehmende dabei, sodass die Abstimmungsergebnisse nicht repräsentativ für eine Industriesicht sind. Durch die Gruppendiskussionen wurden die Aussagen der Industrie aufgenommen und bei der Auswertung der Abstimmungsergebnisse berücksichtigt. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wird in den Bildern 5-2 bis 5-6 zunächst das Abstimmungsergebnis jeder einzelnen Frage dargestellt. Danach folgt eine Darstellung aller Stimmen in einer Grafik (Bild 5-7).

Gegliedert nach den Use Cases ergibt der Expertenworkshop zusammenfassend folgendes Meinungsbild:

- Use Case 1: Schnee räumen mit einem autonom agierenden Seitenpflug
 - Gemäß Abstimmung ist dieser Use Case technisch relativ gut realisierbar.
 - Das Potenzial für den Sicherheitsgewinn sowie Steigerung der Effizienz wurde als eher gering beurteilt.
 - Die möglichen Risiken im Bereich Cyber- und Funktionssicherheit wurden als überschaubar eingeschätzt.

- Use Case 2: Fahrerloses Schneeräumen im Flotteneinsatz
 - Der Use Case wurde in der Gruppendiskussion als sehr komplex und für den Betriebsdienst als ungeeignet beschrieben. Diese Einschätzung spiegelt sich auch in den Abstimmungsergebnissen wider.
 - Das Potenzial für den Sicherheitsgewinn sowie die Steigerung der Effizienz wurden als sehr gering beurteilt.
 - Die möglichen Risiken im Bereich Cyber- und Funktionssicherheit wurden als gravierend angesehen.
- Use Case 3: Fahrstreifen absichern mit einem autonomen Absicherungsfahrzeug
 - Dieser Anwendungsfall wurde durchweg positiv bewertet. Gleichzeitig müssen jedoch auch viele Risiken im Bereich Cyber- und Funktionssicherheit abgesichert werden.
 - Der potenzielle Sicherheitsgewinn und die mögliche Effizienzsteigerung wurden bei diesem Use Case als am höchsten beurteilt.
- Use Case 4: Autonomes Folgen für Kolonnenfahrzeuge (Beispiel Müllsammlung)
 - Gemäß Abstimmung ist dieser Use Case technisch relativ gut realisierbar.
 - In den Gruppendiskussionen stellte sich heraus, dass dieser Anwendungsfall für den Betriebsdienst weniger relevant ist als vermutet.
 - Dennoch wurde der potenzielle Sicherheitsgewinn als relativ hoch angesehen, die mög-

- liche Steigerung der Effizienz jedoch als eher gering.
- Use Case 5: Vorwarntafeln automatisiert aufstellen, einsammeln und ferngesteuert bewegen
 - Gemäß Abstimmung ist dieser Use Case technisch relativ gut realisierbar.
 - Auch dieser Anwendungsfall wurde durchweg positiv bewertet.
 - Der potenzielle Sicherheitsgewinn und mögliche Effizienzsteigerung wurden bei diesem Use Case als sehr hoch beurteilt.
 - Die möglichen Risiken im Bereich Cyber- und Funktionssicherheit wurden als etwas geringer als bei Use Case 3 eingeschätzt.
 - Use Case 6: Seitenstreifen kehren mit einer autonomen Kehrmaschine
 - Dieser Use Case wurde in den Gruppendiskussionen als nicht so notwendig beschrieben, da ein möglicher Effizienzgewinn eher gering ausfällt und gleichzeitig die technische Realisierbarkeit sich eher schwierig gestaltet.
 - Lediglich ein potenzieller Sicherheitsgewinn wurde diesem Anwendungsfall zugeschrieben.
 - Die möglichen Risiken im Bereich Cyber- und Funktionssicherheit wurden als etwas geringer als bei Use Case 3 eingeschätzt.
 - Use Case 7: Automatisierte Leitpfostenreinigung
 - Gemäß Abstimmung ist dieser Use Case eher schwierig technisch realisierbar.
 - Der potenzielle Sicherheitsgewinn sowie eine mögliche Effizienzsteigerung sind relativ gering beurteilt worden, wenn der Use Case nicht auch auf andere Anbaugeräte, vor allem für die Grasmahd, erweitert wird.
 - Use Case 8: Automatisierte Grasmahd
 - Gemäß Abstimmung ist dieser Use Case technisch relativ gut realisierbar.
 - Der potenzielle Sicherheitsgewinn wird eher als gering beurteilt, wohingegen die mögliche Effizienzsteigerung als sehr hoch angesehen wurde.
 - Mögliche Risiken im Bereich Cyber- und Funktionssicherheit wurden als überschaubar eingeschätzt.
 - Use Case 9: Automatisierte Streckenkontrolle mit einer Drohne
 - Bei diesem Anwendungsfall wurde der mögliche Effizienzgewinn als hoch, aber der potenzielle Sicherheitsgewinn als überschaubar eingestuft.
 - Die möglichen Risiken im Bereich Cyber- und Funktionssicherheit wurden als eher umfangreich angesehen.

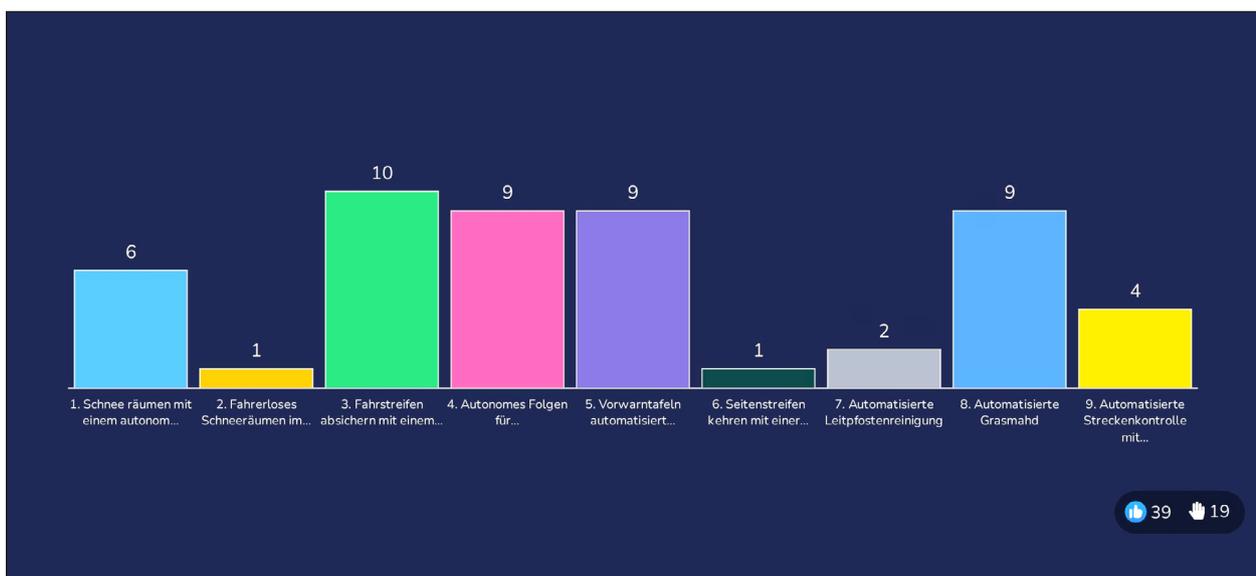


Bild 5-2: Technische Realisierbarkeit (Abstimmungsergebnis)

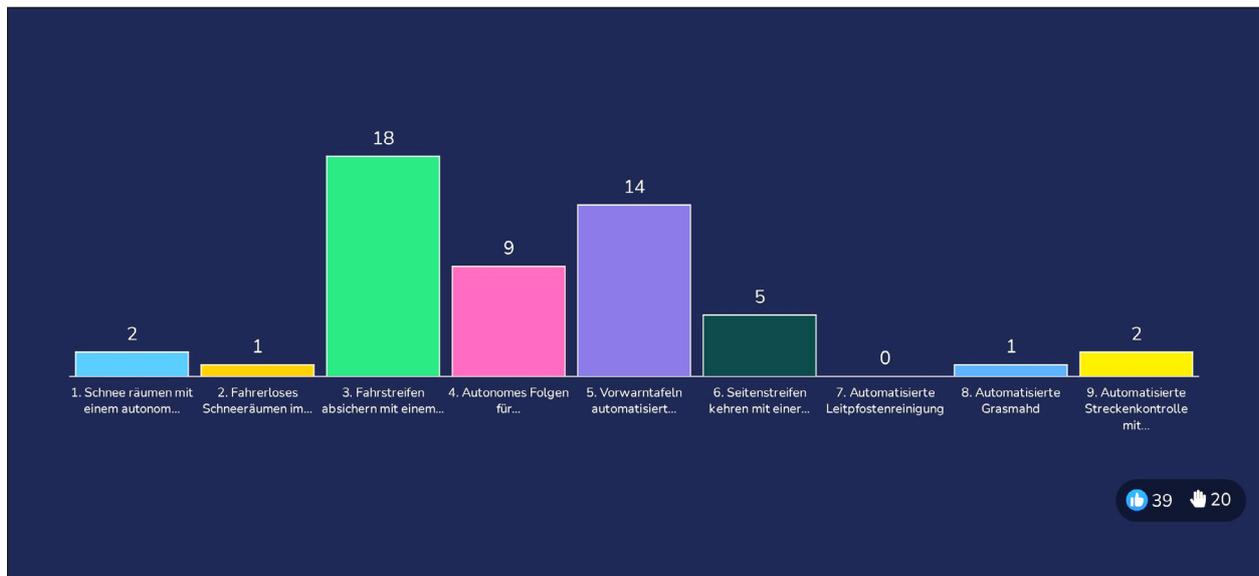


Bild 5-3: Erhöhung der Sicherheit (Abstimmungsergebnis)

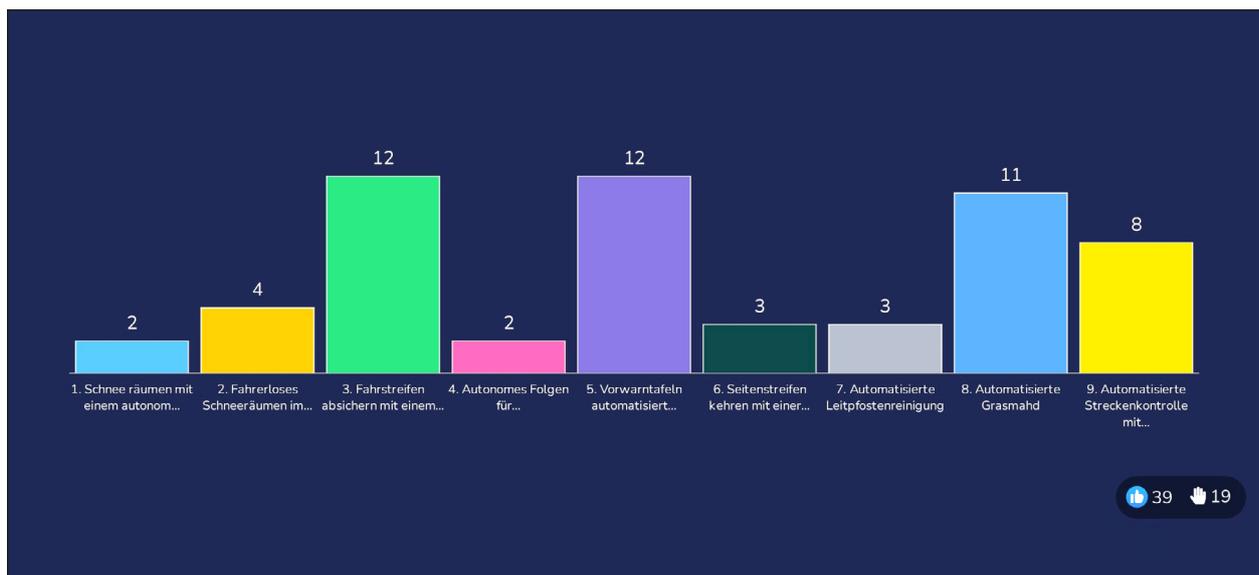


Bild 5-4: Erhöhung der Effizienz (Abstimmungsergebnis)

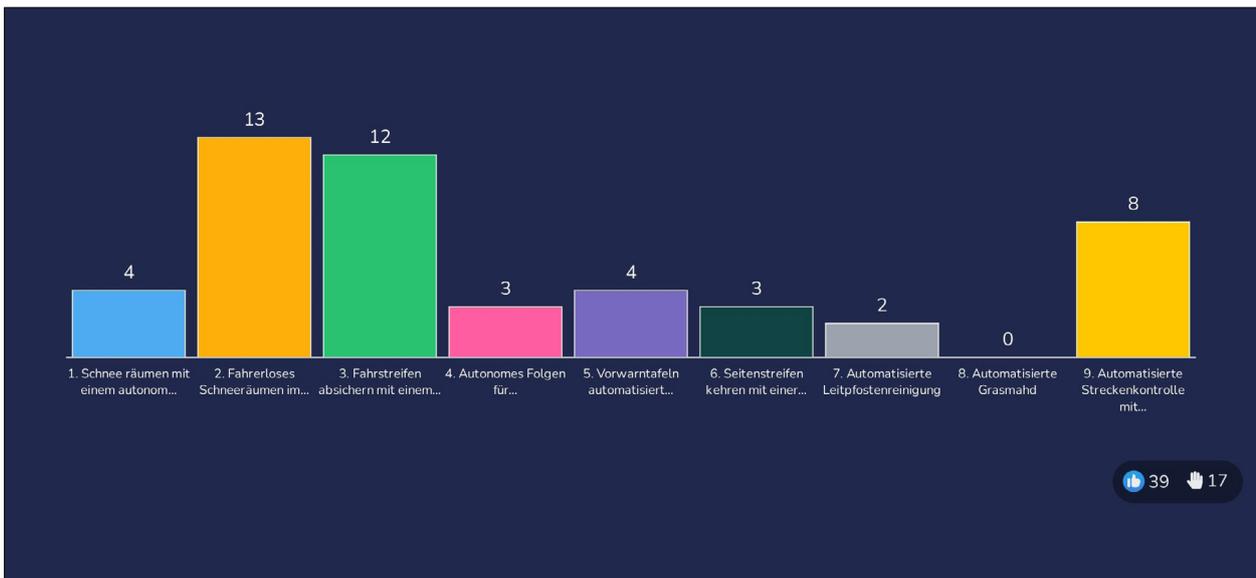


Bild 5-5: Absicherung Risiken (Abstimmungsergebnis)

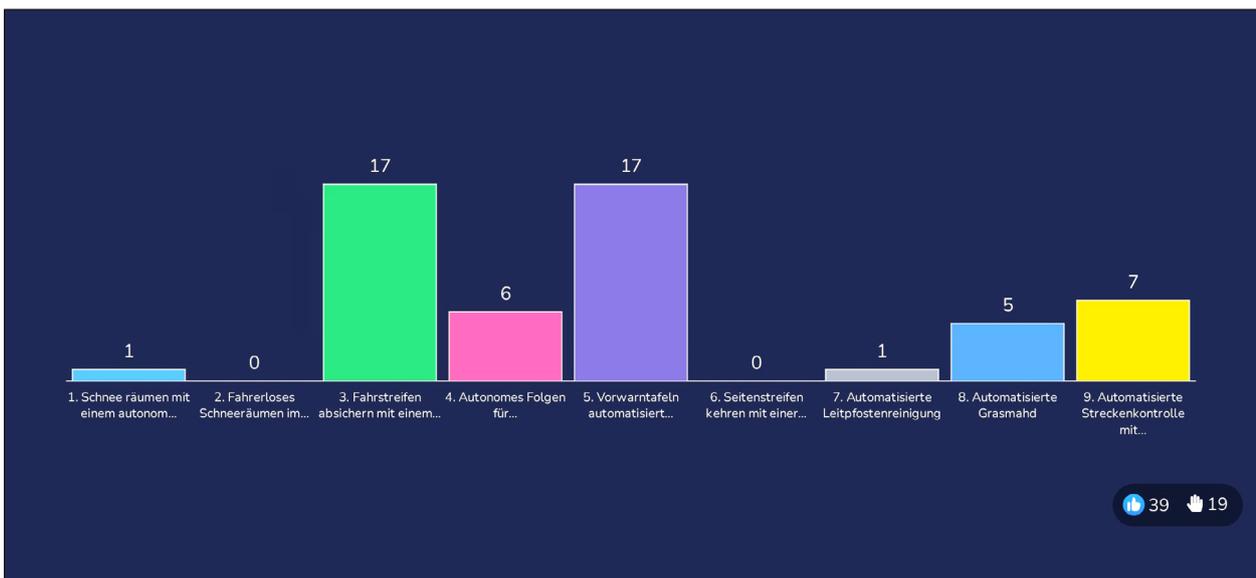


Bild 5-6: Weiterverfolgung Use Cases (Abstimmungsergebnis)

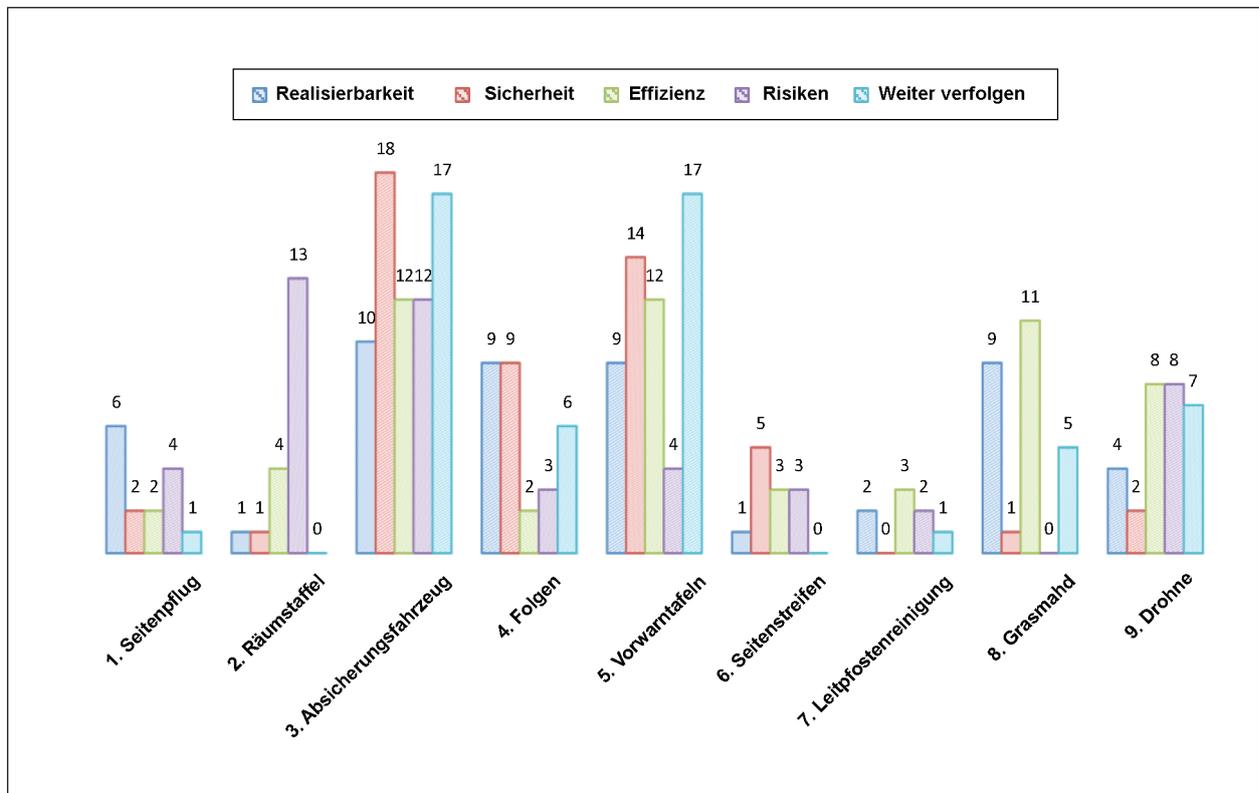


Bild 5-7: Zusammenfassung der Abstimmungsergebnisse zu den neun Use Cases

5.4 Auswahl der drei Use Cases

Die Ergebnisse des Workshops wurden anschließend mit dem Auftraggeber bzw. dem Betreuerkreis erörtert. Basierend auf der Beurteilung der Use Cases aus Bild 5-1 wurden drei Use Cases festgelegt, die in Bild 5-8 hervorgehoben sind und in den nächsten Kapiteln weitergehend betrachtet werden. Bei der Auswahl der drei Use Cases wurde berücksichtigt, dass unterschiedliche Aspekte hinsichtlich des Automatisierungspotenzials im Straßenbetriebsdienst abgedeckt sind. Außerdem wurde darauf geachtet, dass die ausgewählten Use Cases verschiedenen Achsen in der Grafik zugeordnet sind und somit unterschiedliche Kombinationen von Umsetzungszeitraum und -aufwand vertreten sind.

Auf Grundlage der Diskussionen im Expertenworkshop und in der Betreuerkreissitzung sowie weitergehenden Recherchen wurden die ausgewählten Use Cases modifiziert und die Steckbriefe zu den Use Cases angepasst. Im Folgenden sind die wesentlichen Anpassungen kurz beschrieben. Die modifizierten Steckbriefe befinden sich im jeweiligen Lastenheft im Anhang des Berichts.

- Anpassung UC3 gegenüber Use Case Beschreibung in Kapitel 4:
 - Operator für die technische Aufsicht
 - Abstände nach neuen RSA
- Anpassung UC5 gegenüber Use Case Beschreibung in Kapitel 4:
 - Vorwarntafel fährt autonom und nicht ferngesteuert, wobei die Bewegung durch den Operator in der Einsatzzentrale ferngesteuert ausgelöst wird; hierfür Überwachung des Umfeldes und des Systemstatus (Bezeichnung des UC5 wurde angepasst: Vorwarntafel automatisiert aufstellen, einsammeln und bewegen)
- Anpassung UC9 gegenüber Use Case Beschreibung in Kapitel 4:
 - Drohne fliegt autonom und nicht ferngesteuert, da keine direkte Sichtverbindung zur Drohne realisierbar (Vorgabe zum Drohnenflug)

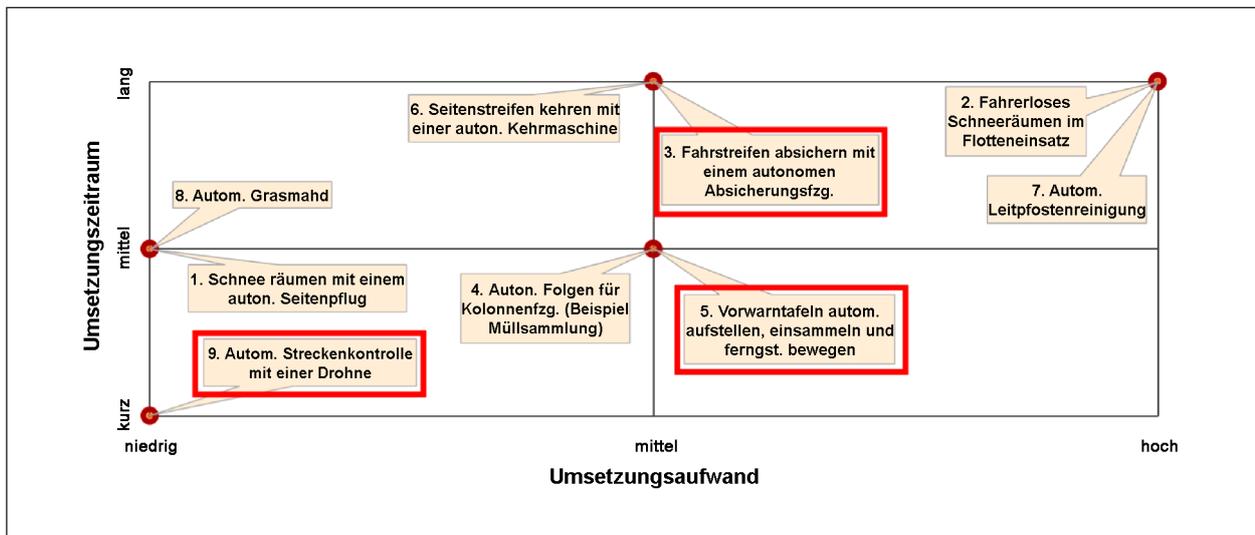


Bild 5-8: Ausgewählte Use Cases

- Automatisierte Bildauswertung zur Mängel- erfassung, aus Effizienzgründen und um Vor- gaben zur Anonymisierung personenbezoge- ner Daten einzuhalten
- Hieraus resultieren mittlerer Umsetzungszeit- raum und -aufwand

6 Potenzialabschätzung für drei ausgewählte Use Cases

6.1 UC3: Fahrstreifen absichern mit einem autonomen Absicherungsfahrzeug

6.1.1 Verbesserung der Arbeitssicherheit für das Betriebsdienstpersonal

Wesentliche Motivation zum Einsatz eines autonomen Absicherungsfahrzeugs auch auf dem Fahrstreifen ist die Steigerung der Sicherheit für das Betriebsdienstpersonal. Durch den autonomen Einsatz bestehen keine Gefährdungen für Mitarbeiter, die im Absicherungsfahrzeug sitzen oder die aus dem Absicherungsfahrzeug aus- bzw. in das Absicherungsfahrzeug einsteigen.

Um das Potenzial zur Verbesserung der Arbeitssicherheit für das Betriebsdienstpersonal abschätzen zu können, wird im Wesentlichen auf die umfassenden Untersuchungen von ROOS et al. [2008] zurückgegriffen, die diese im FE-Vorhaben „Verbesserung der Sicherheit des Betriebspersonals in Arbeitsstellen kürzerer Dauer auf Bundesautobah-

nen“ durchgeführt haben, da keine aktuelleren Analysen mit vergleichbarer Datengrundlage vorliegen.

Bereits in der Literaturanalyse, die im Rahmen des FE-Vorhabens durchgeführt wurde, wird auf Basis der Untersuchungen von ZIMMERMANN/MORITZ [2004] deutlich, „dass tendenziell das Risiko für das Personal, einen Personenschaden zu erleiden, bei Arbeiten auf dem rechten Fahrstreifen und bei ungeschützten Arbeiten neben der Fahrbahn am höchsten ist.“ Tödliche Unfälle für Betriebsdienstmitarbeiter ereignen sich nach der von KAYSER et al. [1993] durchgeführten Studie zur Hälfte auf dem rechten Fahrstreifen. Die zitierte Untersuchung zu Arbeitsunfällen auf Hochleistungsstraßen im Kanton Bern kommt zu dem Ergebnis, dass das Todesfallrisiko für das Betriebsdienstpersonal vor allem aufgrund der hohen Aufprallenergie durch auffahrende Lkw überdurchschnittlich hoch ist, gegenüber der vergleichbaren Kenngröße für die gewerblichen Berufsgenossenschaften in etwa viermal so hoch.

Wesentlicher Teil des FE-Vorhabens war die umfassende Analyse von Unfällen mit Beteiligung des Straßenbetriebsdienstes auf Bundesautobahnen, für die Unfallmeldungen aus den Jahren 1997 bis 2005 aus 13 Bundesländern ausgewertet wurden. Insgesamt lag die Anzahl der Unfälle in AkD mit Beteiligung des Betriebsdienstes pro Jahr zwischen 166 und 269. Hauptunfallversucher sind mit 57 % Lkw, wobei neben dem Aufprall von hinten auch das seitliche Streifen typisches Unfallmuster ist. Überproportional stark sind jedoch die Unfallfolgen bei Unfällen mit Lkw, bei denen 72 % der Mitarbeiter verunglückten. Im Wesentlichen ereignen sich die-

se Unfälle mit Lkw als Unfallverursacher bei AkD auf dem rechten Fahrstreifen oder den Standstreifen, während bei AkD auf dem linken Fahrstreifen überwiegend Pkw Unfallverursacher sind. Insgesamt gab es bei den analysierten Unfällen im Zeitraum 2000 bis 2005 162 verletzte und 7 getötete Mitarbeiter, 23 % davon kamen in AkD auf dem rechten Fahrstreifen zu Schaden. Dies entspricht im Mittel 28 verunglückten Mitarbeitern pro Jahr, wobei ca. sechs Mitarbeiter bei AkD auf dem rechten Fahrstreifen zu Schaden kamen.

Bei AkD auf dem rechten Fahrstreifen ist der Anprall von hinten häufigstes Unfallmuster. Bei weitem häufigste Unfallursache ist mit 62 % die mangelnde Aufmerksamkeit, insbesondere bei Lkw-Fahrern. Mit knapp 80 % war der Anteil der verunglückten Mitarbeiter im Fahrzeug sehr hoch, das Verletzungsrisiko in einem Fahrzeug ist somit deutlich höher als außerhalb des Fahrzeugs. Die Unfälle ereigneten sich gleichermaßen in stationären wie in mobilen AkD. Dass es sich bei den Unfällen, bei denen Mitarbeiter des Betriebsdienstes verunglücken, vielfach um einen Unfall mit dem Absicherungsfahrzeug handelt, macht auch die hohe Anzahl der beschädigten Sicherungsanhänger deutlich. Bei 61 % aller Unfälle wurde dieser beschädigt.

Basierend auf Daten aus Nordrhein-Westfalen wurde im Rahmen des FE-Projekts die Gesamtzahl der AkD auf dem deutschen BAB-Netz ca. 73.000 pro Jahr hochgerechnet. Geht man für die 178 Autobahnmeistereien von durchschnittlich 2 AkD pro Werktag aus, ergibt sich eine Anzahl von 89.000 AkD pro Jahr durch Mitarbeiter des Betriebsdienstes. Da der rechte Fahrstreifen aufgrund nicht ausreichender Standstreifenbreite auch bei Arbeiten rechts von der Fahrbahn abgesperrt wird, kann die Anzahl der AkD, bei denen der rechte Fahrstreifen gesperrt wird, auf ca. 50.000 AkD pro Jahr abgeschätzt werden. Somit liegt die Wahrscheinlichkeit, dass ein Mitarbeiter in einem Absicherungsfahrzeug in einer AkD auf dem rechten Fahrstreifen verunglückt, bei ca. 10^{-4} (= 6 Verunglückte x 80 % Anteil der Verunglückten im Fahrzeug/50.000 AkD). Nicht berücksichtigt sind hierbei die AkD durch Fremdunternehmen.

6.1.2 Reduktion der psychischen Belastungen der Mitarbeiter

Das Personal des Straßenbetriebsdienstes ist bei Arbeiten im Verkehrsraum besonderen psychischen

Belastungen ausgesetzt. Auf diese wird in der DGUV-Information 206-16 „Psychische Belastungen im Straßenbetrieb und Straßenunterhalt“ detailliert eingegangen. Für die Fahrer von Absicherungsfahrzeugen resultiert die besondere Belastung daraus, dass „der [...] Fahrer unmittelbar eine Schnittstelle zum fließenden Verkehr [bildet]. Bei beweglichen Baustellen ist ständig auf den rückwärtigen Verkehr zu achten, wobei die permanente Unfallgefahr ein hohes Maß an Anspannung erzeugt.“ [DGUV 2012]

Eine besondere Belastung tritt auf, wenn ein Kollege bei einem Unfall verunglückt. Neben der Betroffenheit resultiert die psychische Belastung auch aus der Angst um das eigene Leben. Diese Extremsituation eines verunglückten Mitarbeiters kann zu einem Trauma bei zahlreichen Kollegen führen. Das Trauma führt zu einer akuten Belastungsreaktion, die in der Regel nach wenigen Tagen wieder abklingt, aber auch psychische Erkrankungen zur Folge haben kann. [DGUV 2012]

Eine Potenzialabschätzung der Reduktion der psychischen Belastungen ist nicht möglich. Allerdings ist davon auszugehen, dass die Reduktion des Aufenthalts von Mitarbeitern in Absicherungsfahrzeugen im Verkehrsraum und auch die Reduktion der Anzahl der verunglückten Mitarbeiter ein deutliches Potenzial zur Senkung der psychischen Belastungen bietet.

6.1.3 Effizienzgewinn

Wenn in den AkD auf dem rechten Fahrstreifen kein Mitarbeiter im Absicherungsfahrzeug erforderlich ist, kann dieser für andere Tätigkeiten zum Einsatz kommen. Wenn man je AkD von einer zusätzlichen Verfügbarkeit des Mitarbeiters von 4 Stunden je AkD ausgeht, sind dies je Meisterei bei 2 AkD je Werktag ca. 2.000 Personalstunden pro Jahr. Allerdings ist davon auszugehen, dass diese zusätzliche Verfügbarkeit nur zu Teilen auch effizient genutzt werden kann; bei der Potenzialabschätzung werden daher nur 50 %, d. h. 1.000 Personalstunden angesetzt. Bei einem Personalkostensatz von 44,- €/h [HOLLDORB et al. 2022] entspricht dies einem Effizienzgewinn von 44.000 € pro Jahr je Autobahnmeisterei bzw. 7,8 Mio. € p. a. für die Autobahn GmbH.

Dem vorgenannten Effizienzgewinn sind jedoch die Personalaufwendungen für die technische Aufsicht des automatisierten Systems gegenüberzustellen.

Hierfür wird davon ausgegangen, dass die technische Aufsicht von bis zu 50 AkD pro Tag durch einen Operator erfolgen kann. Geht man vereinfacht davon aus, dass die 50.000 AkD im Gesamtnetz nur Montag bis Freitag anfallen, treten bundesweit 200 AkD pro Tag auf, hierfür wären somit 4 Vollzeitstellen erforderlich, bei Personalkosten von ca. 80.000 € p. a. je Operator reduziert sich der Effizienzgewinn um 320.000 € auf ca. 7,5 Mio. € p. a.

6.2 UC5: Vorwarntafeln automatisiert aufstellen, einsammeln und bewegen

6.2.1 Verbesserung der Arbeitssicherheit für das Betriebsdienstpersonal

Eine Motivation zum Einsatz von Vorwarntafeln, die automatisiert aufgestellt, eingesammelt und bewegt werden, ist die Steigerung der Sicherheit für das Betriebsdienstpersonal. Durch den autonomen Einsatz bestehen keine Gefährdungen für Mitarbeiter, die im Vorwarnfahrzeug sitzen oder die aus dem Fahrzeug aus- bzw. in das Fahrzeug einsteigen, wenn eine Vorwarneinheit stationär abgestellt wird.

Um das Potenzial zur Verbesserung der Arbeitssicherheit für das Betriebsdienstpersonal abschätzen zu können, wird ebenfalls auf die umfassenden Untersuchungen von ROOS et al. [2008] zurückgegriffen, die diese im FE-Vorhaben „Verbesserung der Sicherheit des Betriebspersonals in Arbeitsstellen kürzerer Dauer auf Bundesautobahnen“ durchgeführt haben. Andere Untersuchungen zu Unfällen mit Vorwarneinheiten liegen nicht vor.

In der Literaturanalyse, die im Rahmen des FE-Vorhabens durchgeführt wurde, wird auf die von KAYSER et al. [1993] durchgeführte Studie verwiesen, nach der sich tödliche Unfälle für Betriebsdienstmitarbeiter zur Hälfte auf dem Standstreifen ereignen. Angaben, inwieweit hierbei Vorwarneinheiten betroffen sind, werden dabei nicht gemacht. Es wird jedoch deutlich, dass auch auf dem Standstreifen Unfälle passieren und dass die Unfallschwere überproportional ist, da bei diesen Unfällen vielfach Lkw Unfallverursacher sind.

In der umfassenden Analyse von Unfällen mit Beteiligung des Straßenbetriebsdienstes auf Bundesautobahnen, für die im Rahmen des FE-Vorhabens Unfallmeldungen aus den Jahren 1997 bis 2005 aus 13 Bundesländern ausgewertet wurden, zeigt

sich, dass der Anteil der beschädigten Vorwarntafeln mit 3 % relativ gering ist. Bei den 951 ausgewerteten Unfällen wurden 31 Vorwarneinheiten beschädigt, dies entspricht ca. 3,5 beschädigten Vorwarneinheiten p. a. Zu berücksichtigen ist hierbei jedoch, dass nur beschädigte Vorwarntafeln der Straßenbauverwaltung, nicht jedoch von Fremdunternehmen, z. B. bei Schutzplankenreparaturen, erfasst wurden. Angaben zum Unfallverursacher oder der Anzahl der Verunglückten bei den Unfällen mit Vorwarneinheiten liegen nicht vor. Da es jedoch immer Unfälle auf dem Standstreifen sind, auf dem die Vorwarneinheiten in der Regel stehen, ist davon auszugehen, dass zumeist auch Mitarbeiter des Straßenbetriebsdienstes verunglückten, wenn die Vorwarneinheit nicht separat abgestellt wurde.

Vorwarntafeln kommen immer dann zum Einsatz, wenn Fahrstreifen gesperrt oder verschwenkt werden. Gemäß Kapitel 6.1.1 kann man von ca. 50.000 AkD im BAB-Netz ausgehen, bei denen der rechte Fahrstreifen abgesperrt wird. Hinzu kommen die AkD auf dem linken oder den mittleren Fahrstreifen, bei denen ebenfalls immer Vorwarneinheiten eingesetzt werden. Diese liegen aufgrund von Erfahrungswerten in einer Größenordnung von 20.000 AkD pro Jahr, sodass von ca. 70.000 AkD mit Vorwarneinheiten des Straßenbetriebsdienstes ausgegangen werden kann. Bei diesen AkD kommen in der Regel zwei Vorwarneinheiten zum Einsatz, bei Sperrung der mittleren Fahrstreifen oder bei Nachtbaustellen werden sogar drei Vorwarneinheiten eingesetzt [FGSV 2021]. Insgesamt liegt der Umfang der eingesetzten Vorwarneinheiten der Autobahnmeistereien somit in einer Größenordnung von 150.000 Einsätzen pro Jahr. Bezieht man die durchschnittlich 3,5 geschädigten Vorwarneinheiten auf die ca. 150.000 Einsätze pro Jahr, liegt die Wahrscheinlichkeit für einen Unfall mit einer Vorwarneinheit bei ca. 0,0023 %. Es ist davon auszugehen, dass bei einem Großteil der Unfälle mit Vorwarneinheiten auch Mitarbeiter verunglücken. Hinzu kommen die Vorwarneinheiten der Fremdunternehmer, für die der Einsatzumfang auf weitere 50.000 pro Jahr geschätzt wird.

6.2.2 Reduktion der psychischen Belastungen der Mitarbeiter

Wie in Kapitel 6.1.2 dargestellt, sind Mitarbeiter bei Einsätzen im Verkehrsraum besonderen psychischen Belastungen ausgesetzt. Dies gilt somit auch für die Mitarbeiter, die im regulären Betrieb Vor-

warntafeln zum Einsatzort auf dem Standstreifen bringen bzw. diese bei mobilen AkD auch bewegen. Durch die Automatisierung des Prozesses reduziert sich die Aufenthaltszeit der Mitarbeiter in einem Fahrzeug im Verkehrsraum erheblich, sodass auch dieser Use Case ein deutliches Potenzial zur Senkung der psychischen Belastungen bietet.

6.2.3 Effizienzgewinn

Für die Abschätzung des Effizienzgewinns wird je Autobahnmeisterei von 2 AkD pro Werktag mit 2 Vorwarneinheiten ausgegangen. Setzt man je AkD durchschnittlich 4 h incl. Auf- und Abbau an, so fallen für die Vorwarneinheiten ca. 4.000 Personalstunden pro Jahr an, wenn die Vorwarneinheiten nicht automatisiert aufgestellt, bewegt und eingesammelt werden. Berücksichtigt man, dass bei stationären AkD, die über mehrere Stunden andauern, kein Mitarbeiter über die gesamte Zeit im Vorwarnfahrzeug bleibt, reduziert sich der Umfang des Personaleinsatzes. Dafür wird eine Abminderung der einzusparenden Personalstunden um 25 % angesetzt, sodass der Effizienzgewinn bei ca. 3.000 Personalstunden jährlich je Meisterei liegt.

Dem vorgenannten Effizienzgewinn sind jedoch die Personalaufwendungen für den Betrieb des automatisierten Systems gegenüberzustellen:

- Für das Aufstellen und Einsammeln aller Vorwarneinheiten in einer Meisterei (im Mittel je 2 Vorwarneinheiten an 2 AkD pro Werktag) werden ca. 4 h je Werktag angesetzt, sodass der Personalaufwand bei ca. 1.000 Personalstunden p. a. liegt.
- Für die Fernüberwachung des Betriebszustandes sowie das Auslösen der Bewegungsvorgänge wird je AkD mit 2 Vorwarneinheiten ein durchschnittlicher Aufwand je Einsatz von 1 h für einen Operator in einer Einsatzzentrale abgeschätzt. Bei durchschnittlich 2 AkD je Meisterei je Werktag sind somit ca. 500 Personalstunden p. a. zu berücksichtigen.

Insgesamt resultieren aus dem Einsatz der automatisierten Vorwarneinheiten somit ein Einsparpotenzial von ca. 2.000 h Straßenwärter und ein Mehraufwand von ca. 500 h Operator. Bei einem Personalkostensatz von 44,- €/h für den Straßenwärter bzw. 47,- €/h für einen Operator [HOLLDORB et al. 2022] entspricht dies einem Effizienzgewinn von 64.500 € pro Jahr je Autobahnmeisterei bzw. 11,5 Mio. € p. a. für die Autobahn GmbH.

6.3 UC9: Automatisierte Streckenkontrolle mit einer Drohne

6.3.1 Verbesserung der Arbeitssicherheit für das Betriebsdienstpersonal und der Verkehrssicherheit

Eine Motivation zur automatisierten Streckenkontrolle mit einer Drohne ist die Steigerung der Sicherheit für das Betriebsdienstpersonal, aber auch für die Verkehrsteilnehmer. Durch den Drohneneinsatz wird die Streckenkontrolle nicht mehr aus dem fahrenden Fahrzeug auf dem Standstreifen oder bei fehlendem Standstreifen auf dem rechten Fahrstreifen in langsamer Fahrt durchgeführt. Streckenkontrollen werden in der Regel zusammen mit Wartungstätigkeiten durchgeführt, sodass einfache Mängel auch unmittelbar behoben werden können. Zum Einsatz kommende Streckenwartfahrzeuge habe eine Breite von ca. 2,20 m, für die Wartungstätigkeiten, z. B. Einsammeln von Gegenständen, muss der Fahrer aus- und zur Weiterfahrt wieder einsteigen. Zusätzliche Absicherungsfahrzeuge werden für die Streckenkontrolle nicht eingesetzt.

Unfallanalysen zu Unfällen mit Streckenwartfahrzeugen liegen nicht vor. Daher wird wiederum auf die umfassenden Untersuchungen von ROOS et al. [2008] zu Unfällen in AkD zurückgegriffen. Auch wenn die Streckenkontrolle nicht als AkD im klassischen Sinn anzusehen ist, können aus der Untersuchung Ansätze für eine Gefährdung abgeleitet werden. Bei 610 der insgesamt 951 ausgewerteten Unfälle ist eine Angabe zur Tätigkeit vorhanden. 32 Unfälle (= 5 %) ereigneten sich im Rahmen der „Streckenwartung“, d. h. einfachen Wartungsarbeiten, die vielfach in Kombination mit der Streckenkontrolle durchgeführt wurden. Als weitere Tätigkeitskategorie wurden „Wartungsarbeiten“ klassifiziert, bei ihnen ist eher davon auszugehen, dass sie nicht im Rahmen der Streckenkontrolle erfolgten, sodass sie nicht weiter betrachtet werden.

Bei den 32 Unfällen verunglückten insgesamt 12 Mitarbeiter des Straßenbetriebsdienstes, zu 90 % waren die Mitarbeiter im Fahrzeug, was ein Indiz für die überwiegend richtige Zuordnung zu einer Kontrolltätigkeit ist, da Wartungstätigkeiten nicht aus dem Fahrzeug heraus ausgeführt werden können. Die Unfallfolge war im Vergleich zu anderen Tätigkeiten leichter, von den 12 Verunglückten war nur ein Schwerverletzter, aber elf Leichtverletzte. Möglicherweise ist dies darauf zurückzuführen, dass die Mitarbeiter im Fahrzeug in der Regel angeschnallt

waren und dass der Anprall durch das auffahrende Fahrzeug weniger heftig war. Berücksichtigt man, dass die Unfallauswertung über 9 Jahre (1997 bis 2005) und für die Autobahnen von 13 Bundesländern durchgeführt wurde, kann man von ca. 4 Unfällen pro Jahr mit rechnerisch 1,5 verunglückten Mitarbeitern des Betriebsdienstes ausgehen. Daten zur Anzahl der verunglückten Verkehrsteilnehmer bei den Unfällen im Rahmen der Streckenwartung wurden durch ROOS et al. [2008] nicht ausgewertet.

Für die Risikoabschätzung wird davon ausgegangen, dass das ca. 13.000 km lange BAB-Netz Montag bis Freitag mit ca. 30 km/h im Rahmen der Streckenkontrolle befahren wird. Hieraus resultieren ca. 870 Einsatzstunden pro Tag bzw. 225.000 Einsatzstunden pro Jahr. Das Unfallrisiko für einen Unfall beträgt ca. $0,18 \times 10^{-4}$ Unfälle/Einsatz-h und für einen verunglückten Mitarbeiter des Betriebsdienstes liegt es bei ca. $0,07 \times 10^{-4}$ Mitarbeiter/Einsatz-h. Hinzu kommen die verunglückten Verkehrsteilnehmer, für die jedoch keine Abschätzung möglich ist.

6.3.2 Reduktion der psychischen Belastungen der Mitarbeiter

Wie in Kapitel 6.1.2 dargestellt, sind Mitarbeiter bei Einsätzen im Verkehrsraum besonderen psychischen Belastungen ausgesetzt. Dies gilt somit auch für die reguläre Streckenkontrolle, auch wenn sie in der DGUV-Information 206-16 „Psychische Belastungen im Straßenbetrieb und Straßenunterhalt“ [DGUV 2012] nicht besonders genannt wird. Durch den Einsatz von Drohnen reduziert sich die Aufenthaltszeit der Mitarbeiter in einem Fahrzeug im Verkehrsraum erheblich, sodass auch dieser Use Case ein deutliches Potenzial zur Senkung der psychischen Belastungen bietet.

6.3.3 Effizienzgewinn

Für die Abschätzung des Effizienzgewinns werden die jährlich ca. 225.000 Einsatzstunden für die Streckenkontrolle als Grundlage herangezogen. Bei einer vollständigen Streckenkontrolle mit Drohnen können keine Mängel mehr beseitigt werden, für diese sind dann zusätzliche An- und Abfahrten bzw. Einsatzstunden notwendig. Pauschal werden hierfür 1/3 der eingesparten Einsatzstunden angesetzt, sodass das Einsparpotenzial bei ca. 150.000 Einsatzstunden pro Jahr liegt.

Dem vorgenannten Effizienzgewinn sind jedoch die Personalaufwendungen für die Überwachung des Drohnenbetriebs gegenüberzustellen. Setzt man je Meisterei den Aufwand mit 2 h pro Einsatztag an, so ist von ca. 92.000 Operatorstunden im Gesamtnetz auszugehen.

Insgesamt resultiert aus dem Einsatz von Drohnen für die Streckenkontrolle bei einem Personalkostensatz von 44,- €/h für den Straßenwärter bzw. 47,- €/h für einen Operator [HOLLDOORB et al. 2022] ein Effizienzgewinn von 2,2 Mio. € p. a. für die Autobahn GmbH bzw. 12.300 € p. a. je Autobahnmeisterei.

6.4 Markt- und Innovationspotenzial

Die Marktpotenziale für die näher betrachteten Use Cases resultieren zum einen aus dem Einsatz in den deutschen Autobahnmeistereien. Weitere Marktpotenziale können aber auch im Einsatz in Straßenmeistereien, durch private Dienstleister oder analoge Einsatzbereiche in der Kommunalwirtschaft gesehen werden. Auf Grundlage der in Tabelle 2-3 hochgerechneten Ausstattung resultiert folgendes Marktpotenzial:

- UC3: Fahrstreifen absichern mit einem autonomen Absicherungsfahrzeug:

Geht man von einer Abschreibungsdauer von 10 a für große Lkw aus, so liegt das Marktpotenzial bei ca. 120 Lkw pro Jahr. Zwar müssen nicht zwangsläufig alle Lkw für den autonomen Einsatz vorgesehen werden. Allerdings sind in der Regel alle Lkw auch als Absicherungsfahrzeuge im Einsatz und bei entsprechender Verfügbarkeit der Technologie ist es aus betrieblich-organisatorischen Gründen zweckmäßig, alle Lkw damit auszurüsten, um sie so flexibel einsetzen zu können. Weitere Potenziale sind bei Fremdunternehmern auf Autobahnen, z. B. bei der Reparatur von passiven Schutzvorrichtungen, bei Markierungs- und bei Reinigungsarbeiten vorhanden. Im nachgeordneten Netz, d. h. in Straßenmeistereien und im kommunalen Bereich ist kein unmittelbares Marktpotenzial zu sehen, da das System hier aufgrund der Komplexität der Fahraufgabe nicht unmittelbar zum Einsatz kommen kann, sondern erst, wenn die Technologie des autonomen Fahrens auch für diese Umfeldbedingungen verfügbar ist.

- UC5: Vorwarntafeln automatisiert aufstellen, einsammeln und bewegen:

Für Vorwarntafeln kann ebenfalls von einer Gesamtausstattung von ca. 1.200 Stück in den deutschen Autobahnmeistereien ausgegangen werden. Allerdings erscheint hier eine kürzere Lebensdauer als bei Lkw realistisch, für sie werden acht Jahre angesetzt, sodass das Marktpotenzial bei ca. 150 Vorwarntafeln liegt. Die Anzahl der Trägerfahrzeuge liegt bei 50 pro Jahr, wenn man davon ausgeht, dass ein Trägerfahrzeug drei Vorwarntafeln transportieren kann. Wie das Absicherungsfahrzeug ist der Schwerpunkt des Einsatzes, von Vorwarntafeln das Autobahnnetz, sie kommen jedoch auch im nachgeordneten und kommunalen Bereich zum Einsatz. Allerdings ist hier aufgrund der geringeren Geschwindigkeiten das Gefährdungspotenzial geringer und bewegliche Arbeitsstellen, bei denen der Standort der Vorwarntafeln immer wieder angepasst werden muss, sind nur vereinzelt notwendig. Für Fremdunternehmer, die auf den Autobahnen eingesetzt werden, kann das System hingegen von Interesse sein, sodass auch hier ein weiteres Marktpotenzial zu sehen ist.

- UC9: Automatisierte Streckenkontrolle mit einer Drohne:

Für die Abschätzung des Marktpotenzials wird eine durchschnittliche Ausstattung je Autobahnmeisterei mit zwei Drohnen angesetzt. Berücksichtigt man, dass Drohnen nicht im gesamten Autobahnnetz zum Einsatz kommen können, z. B. nicht im Bereich von Flughäfen, so liegt das Gesamtpotenzial für die Ausstattung der 188 Autobahnmeistereien bei 200 bis 300 Stück. Da sich die Lebensdauer der Drohnen aufgrund fehlender Erfahrungen nicht abschätzen lässt, ist es nicht möglich, hieraus einen jährlichen Bedarf abzuleiten. Generell kann der Drohneneinsatz auch für die Streckenkontrolle durch die Straßenmeistereien von Interesse sein. Allerdings ist hier aufgrund der angrenzenden Bebauung, insbesondere in Ortsdurchfahrten, kaum ein weiterer Einsatzbereich mit entsprechendem Marktpotenzial zu sehen.

Neben den direkten Potenzialen für die Industrie, die primär die Marktpotenziale infolge des Einsatzes dieser Technologien sind, können sich grundsätzlich auch Marktpotenziale in angrenzenden

Fachdisziplinen ergeben. Genauso können bestimmte Erkenntnisse, z. B. aus einer prototypischen Umsetzung für den Straßenbetriebsdienst, für weitere Märkte verwendet werden. Die Diskussionen in den Workshops und im Betreuerkreis haben jedoch gezeigt, dass diese Annahme in der Praxis eher unwahrscheinlich ist. Naheliegender ist, dass der Massenmarkt der Ursprung für Innovationen ist, da dieser wesentlich größer und damit interessanter für die Industrie ist. Diese innovativen Entwicklungen würden dann mit einer Verzögerung auch Einzug in andere Märkte halten. Ein Beispiel im Fahrzeugsegment ist die Entwicklung und Zulassung des Level-3 Systems „Drive Pilot“ von Mercedes für den Massenmarkt (siehe Kapitel 2.3.4). Diese und ähnliche Technologien können nach einer Etablierung kostengünstiger für spezifische, relativ kleine Märkte, wie z. B. für den Straßenbetriebsdienst, adaptiert und eingesetzt werden.

Mit der neuen Verordnung zum Autonomen Fahren des BMDV ist zudem der Rechtsrahmen für autonomes Fahren in Deutschland vervollständigt worden und begünstigt damit die Überführung von Entwicklungen in diesem Bereich bundesweit in die Realität (Kapitel 2.3.4). Analog zum vorangegangenen Beispiel ist daher zu erwarten, dass Level-4 Fahrzeuge und die dafür notwendigen Technologien in naher Zukunft zugelassen werden und die Entwicklungen für den Massenmarkt vorangetrieben werden.

In einer ähnlichen Weise kann auch der Markt für Drohnen, insbesondere die Automatisierungsfunktionen in diesem Bereich, bewertet werden. Auch hier ist eine spezifische Neuentwicklung aufgrund des kleinen Marktes für die Industrie eher uninteressant. Vor allem der große Markt im Privatbereich treibt die innovativen Entwicklungen dieser Technologien voran, die anschließend ebenfalls kostengünstiger für kleine Märkte adaptiert und eingesetzt werden können.

UC	Bezeichnung	Konfiguration
1	Schnee räumen mit einem autonom agierenden Seitenpflug	Manuelles Basisfahrzeug + automatisiertes Arbeitsgerät
2	Fahrerloses Schneeräumen im Flotteneinsatz	Automatisiertes Basisfahrzeug + automatisiertes Arbeitsgerät
3	Fahrstreifen absichern mit einem autonomen Absicherungsfahrzeug	Automatisiertes Basisfahrzeug + automatisiertes Arbeitsgerät
4	Autonomes Folgen für Kolonnenfahrzeuge (z. B. Müllsammlung)	Automatisiertes Basisfahrzeug + automatisiertes Arbeitsgerät
5	Vorwarntafeln automatisiert aufstellen, einsammeln und bewegen	Manuelles Ausbringfahrzeug + automatisiert fahrendes und agierendes Arbeitsgerät
6	Seitenstreifen kehren mit einer autonomen Kehrmachine	Automatisiertes Basisfahrzeug + automatisiertes Arbeitsgerät
7	Automatisierte Leitpfostenreinigung	Automatisiertes Basisfahrzeug + automatisiertes Arbeitsgerät
8	Automatisierte Grasmahd	Automatisiert fahrendes und agierendes Arbeitsgerät
9	Automatisierte Streckenkontrolle mit einer Drohne	Automatisiert fliegendes und agierendes Arbeitsgerät

Tab. 7-1: Betrachtete Use-Cases und Fahrzeugkonfigurationen

7 Bewertung der Realisierbarkeit

7.1 Ansatz für die Bewertung der Realisierbarkeit

Um für alle betrachteten Use Cases eine vergleichbare Bewertung zu erreichen, wird der folgende Ansatz angewendet. Für alle Use Cases kann dabei die Gesamtfunktionalität in zwei generische Aufgaben mit unterschiedlichen Automatisierungsgraden unterteilt werden:

- die Fortbewegung und
- die Arbeitsaufgabe.

Daraus abgeleitet ergeben sich unterschiedliche Konfigurationen für die ausgewählten und alle initial betrachteten Use Cases.

Im Folgenden werden für die ausgewählten und oben farblich markierten Use Cases der prinzipielle funktionale Aufbau und eine mögliche grobe technische Architektur beschrieben. Basierend auf diesen Annahmen kann dann eine anschließende Bewertung des Risikopotenzials im Sinne der funktionalen Sicherheit und Cybersecurity erfolgen.

Der dafür vorgesehene Ansatz lehnt sich an die Methodik der HARA (Hazard Analysis and Risk Assessment) für die funktionale Sicherheit und an die TARA (Threat Analysis and Risk Assessment) für die Cybersecurity an, ohne diese jedoch vollständig und konform durchzuführen. In jedem Fall müssen komplette, prozesskonforme HARAs und TARAs in anschließenden Entwicklungsprojekten durchge-

führt werden. Die hier durchgeführten Analysen sollen lediglich eine erste grobe Abschätzung und Vergleichsmöglichkeit bieten.

Weitere Aspekte der Realisierbarkeit, neben dem Risikopotenzial, sind die Bewertung der:

- Komplexität (und des damit verbundenen Entwicklungsaufwands),
- Verfügbarkeit der erforderlichen Technologien,
- Gesetzlichen Randbedingungen zur Zulassung.

7.2 Use Case 3: Fahrstreifen absichern mit einem autonomen Absicherungsfahrzeug

7.2.1 Vereinfachte funktionale Architektur

Um die Funktionalität des autonomen Absicherungsfahrzeugs mit einer gezogenen Absperrtafel beispielhaft darzustellen, wird die in Bild 7-1 dargestellte Aufteilung in Funktionsblöcke vorgeschlagen.

7.2.2 Missionskontrolle

Die Missionskontrolle beinhaltet die Definition sämtlicher Randbedingungen des Einsatzes, die Kommunikation mit dem Fahrzeug und dem Arbeitsgerät und das Auswählen sowie Starten und Stoppen der Funktionen. Dazu gehören u. a. Angaben zum/zur

- Start- und Endpunkt des Einsatzes und der Festlegung des Führungsfahrzeugs

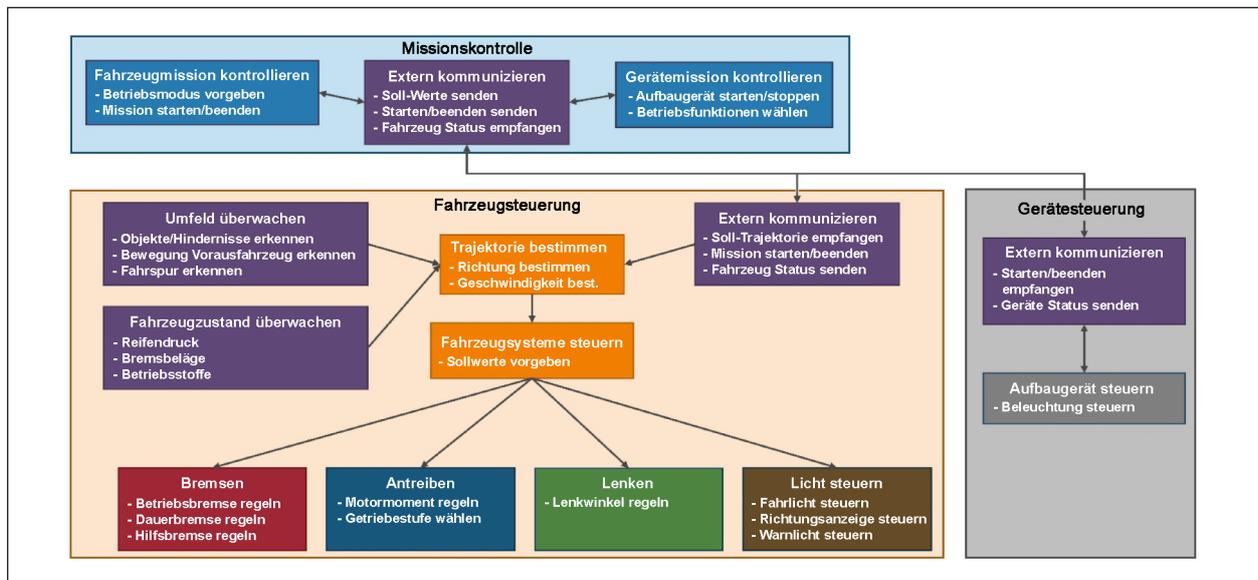


Bild 7-1: Use Case 3 – vereinfachte funktionale Architektur

- Betriebsmodus (gekoppelter Betrieb oder Folgebetrieb)
- Einsatzkonfiguration (Sollabstand, max. Geschwindigkeit, ...)
- Betriebsmodus des Aufbaugerätes (gezogener Anhänger mit Absperrtafel und Lichtzeichen)

Die Missionskontrolle stellt auch die Schnittstelle zum Bediener des Fahrzeugs dar. Auf die näheren Eigenschaften der Mensch-Maschine-Schnittstelle soll jedoch an dieser Stelle nicht weiter eingegangen werden. Hier sind verschiedene kabelgebundene oder drahtlose Lösungen vorstellbar, die entweder fest im Fahrzeug eingebaut oder mobil sein können. Die Rückmeldungen der Systeme zu den aktuellen Betriebsdaten und Status- sowie Fehlermeldungen würden ebenfalls über die jeweiligen Lösungen zur Mensch-Maschine-Schnittstelle erfolgen. Von dort aus wäre in einem weiteren Schritt auch die Weiterleitung und Bündelung sämtlicher operativer Daten an eine zentrale Leitstelle möglich.

7.2.3 Fahrzeugsteuerung

Die Fahrzeugsteuerung umfasst alle Systeme, die notwendig sind, damit das Fahrzeug dem Führungsfahrzeug im ausgewählten Betriebsmodus folgen und dabei auf Hindernisse reagieren kann. Die Fahrzeugsteuerung kommuniziert mit der Missionskontrolle und überwacht außerdem den Zustand

des Fahrzeugs (Reifendrucke, Bremsbeläge, Füllstände, Fehlerinformationen, ...).

Die erforderlichen Sicherheitskonzepte sind ebenfalls Bestandteil der Fahrzeugsteuerung. Im Fehlerfall muss ein sicherer Zustand (d. h. ein sicheres Anhalten und Warnen der Umgebung) durch die Fahrzeugsteuerung autark erfolgen.

7.2.4 Gerätesteuerung

Für diesen Use Case ist die Gerätesteuerung beschränkt auf die Steuerung der Lichtzeichen und Richtungsanzeige auf dem gezogenen Absperrtafelanhänger. Die Gerätesteuerung kann entweder manuell durch den Fahrer des Absicherungsfahrzeugs oder automatisiert erfolgen. Beide Wege sind mit dem Konzept einer zentralen Missionskontrolle umsetzbar.

7.2.5 Vereinfachte technische Architektur

Für ein konkretes Fahrzeugkonzept müssen die beschriebenen Funktionen physischen Subsystemen zugeordnet werden. Eine mögliche Aufteilung ist in Bild 7-2 dargestellt. Sie orientiert sich an üblichen und im Wesentlichen marktverfügbaren Lösungen. Die Zuordnung der Funktionen zu den Subsystemen ist über die Farbcodierung erkennbar.

Sämtliche Umfelderfassungsfunktionen (einschließlich der im Bild symbolisch dargestellten Kameras

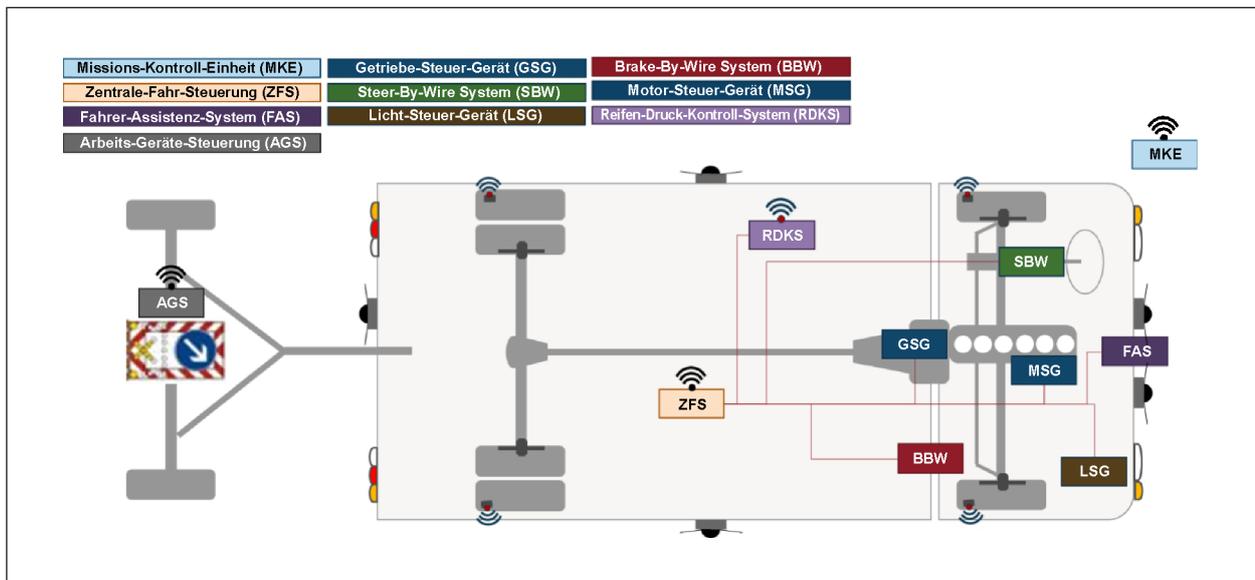


Bild 7-2: Use Case 3 – vereinfachte technische Architektur

und Radarsensoren) sind dem Fahrer-Assistenzsystem zugeordnet.

Dabei sind die Kommunikationsschnittstellen innerhalb des Fahrzeugs kabelgebunden – mit Ausnahme des Reifendruck-Kontrollsystems, welches mit den Sensoren im Reifen über eine Funkverbindung kommuniziert. Die Schnittstellen zwischen der Missions-Kontrolleinheit und der zentralen Fahrsteuerung sowie der Arbeitsgerätesteuerung werden als drahtlose Schnittstellen angenommen. Damit ist die Missionskontrolle räumlich vom Fahrzeug getrennt und könnte sowohl über ein mitgeführtes Endgerät (z. B. Tablet), als auch über eine zentrale Leitstelle realisiert werden.

7.2.6 Risikopotenzial bzgl. funktionaler Sicherheit

Zur Abschätzung des Risikopotenzials werden die einzelnen Hauptfunktionen des Systems nach relevanten Kriterien bewertet, um die wesentlichen Ausfallrisiken und deren Auswirkungen auf betroffene Personen und Verkehrsteilnehmer zu identifizieren. Dabei werden auch die Häufigkeiten der im Fehlerfall kritischen Betriebsituation sowie die Möglichkeiten zur Kontrollierbarkeit der fehlerhaften Funktion berücksichtigt. Um eine ausreichende Unterscheidung zwischen geringeren und höheren Risiken in der Bewertung zu erhalten, werden die Zahlen für die Wichtigkeit der einzelnen Stufen mit einer vergrößerten Spreizung (10-06-03-01) gewählt.

Einzelheiten dazu im Anhang 5: Checkliste zur Identifikation potenzieller funktionaler Sicherheitsrisiken für UC3 Anhang 5.

7.2.7 Zusammenfassung Risikopotenzial funktionale Sicherheit

Aus der betrachteten Funktionsarchitektur für die Automatisierung der Fahraufgabe ergeben sich also hohe Risikopotenziale für folgende 5 Funktionsgruppen:

- Trajektorie bestimmen
- Fahrzeugsystem steuern
- Bremsen
- Lenken
- Umfeld überwachen

Diese Funktionen können bei Ausfall oder fehlerhaftem Verhalten mit hoher Wahrscheinlichkeit alle dazu führen, dass es zu Kollisionen mit anderen Verkehrsteilnehmern kommt. Gemäß der üblichen Vorgehensweise bei einer Risikoanalyse, wird hier das Gesamtsystem ohne Sicherheitsmechanismen betrachtet (weil diese Maßnahmen aus dem Ergebnis der Analyse abgeleitet und definiert werden, und eine Berücksichtigung innerhalb der Analyse zu einem Zirkelbezug führen würde). Es wird also nicht betrachtet, dass z. B. eine Fehlfunktion in der Trajektorienbestimmung durch die Umfeldüberwa-

chung (Verlassen der Fahrspur) erkannt werden könnte, und ein Sicherheitsmechanismus dann über die Lenkung und Bremse eine Notreaktion einleiten würde. Eine solche Sicherheitsfunktion wäre eine mögliche Antwort auf die abgeleiteten Sicherheitsziele (s. u.).

Zu den Funktionsgruppen mit einem mittleren Risikopotenzial gehören:

- Licht steuern
- Extern kommunizieren
- Antriebsfunktion

Die Lichtsteuerung ist mit einem mittleren Risikopotenzial eingestuft, weil andere Verkehrsteilnehmer eigene Lichtanlagen haben und damit das Hindernis im Dunkeln mit einiger Verspätung erkennen und reagieren können. Die standardmäßigen Reflektoren am Absicherungsfahrzeug gehören bereits zu den Sicherheitsmechanismen und stellen eine Gegenmaßnahme dar.

Die externe Kommunikation liegt bei der Bewertung genau an der Grenze zwischen mittlerem und hohem Risikopotenzial. Der Grund für die etwas geringere Einstufung ist, dass der komplette Ausfall der Kommunikation im Vergleich zu einer Verfälschung als weniger kritisch eingestuft wurde, da das Fahrzeug (ohne weitere Sicherheitsmechanismen) in diesem Fall seine aktuelle Trajektorie beibehalten und trotz der fehlenden externen Daten korrekt auf z. B. Hindernisse und Kurven reagieren würde.

Im gleichen Sinne wird das Risiko im Falle eines Ausfalls für den Antrieb deutlich geringer als z. B. für die Bremse oder Lenkung eingestuft, da ein Stehenbleiben zu den normalen Betriebsszenarien gehört. Von daher liegt die Antriebsfunktion im mittleren Bereich des Risikopotenzials. Ob das Risiko einer ungewollten maximalen Antriebsleistung durch diese Gesamteinschätzung am Ende zu gering bewertet wurde, kann nur eine detaillierte HARA ermitteln, da dort z. B. die Kräfteverhältnisse für den Fall Gas gegen Bremse genauer untersucht würden.

Das Risikopotenzial für die Überwachung des Fahrzeugzustands wird als gering eingestuft, da hier die technische Einsatzbereitschaft des Fahrzeugs im Fokus steht. Auch ein Reifenplatzer ist vergleichsweise unkritisch, da das Fahrzeug im hier betrachteten automatisierten Einsatz überwiegend mit geringer Geschwindigkeit fährt.

Die Gerätesteuerung ist in diesem Use Case auf die Steuerung der Lichtanlage der gezogenen Warntafel beschränkt und liegt daher genau wie die Lichtanlage des Absicherungsfahrzeugs im mittleren Bereich.

7.2.8 Risikopotenzial bzgl. Cybersecurity

Für die Abschätzung des Cybersecurity-Risikopotenzials reicht die rein funktionale Betrachtung nicht aus, da hierfür Annahmen über die externen- und internen Schnittstellen getroffen werden müssen. Die physischen Schnittstellen (sowohl kabelgebunden als auch drahtlos) sind die wesentlichen möglichen Angriffspfade für eine Cyber-Attacke, und damit die Basis für die Bewertung der damit verbundenen möglichen Risiken. In der folgenden Analyse werden, ausgehend von den sog. Cybersecurity Eigenschaften des jeweiligen Subsystems und seiner Schnittstellen, die Angriffspfade und die möglichen Auswirkungen grob bewertet.

Das Cybersecurity-Risikopotenzial ist jedoch nicht auf das Fahrzeug bzw. Arbeitsgerät beschränkt, da auch andere Stellen der gesamten Wirkkette für einen fehlerfreien Betrieb betrachtet werden müssen, die außerhalb des Fahrzeugs liegen. Bei allen teleoperierten oder autonom agierenden Systemen ist der Zugang zu den Eingabegeräten, die das System und den Arbeitseinsatz steuern, zwingend mitzubetrachten, da die Bedienung oder Manipulation durch eine nicht autorisierte Person einen wesentlichen Angriffspfad darstellt. Im gleichen Maße wie die Bedieneinrichtungen sind auch die Werkstätten für Wartung und Reparatur betroffen. Wenn dort z. B. Softwareupdates durchgeführt werden, darf das Risiko einer möglichen Manipulation durch nicht autorisierte Personen nicht außer Acht gelassen werden.

Um eine ausreichende Unterscheidung zwischen geringeren und höheren Risiken in der Bewertung zu erhalten, werden die Zahlen für die Wichtung der einzelnen Stufen mit einer vergrößerten Spreizung (10-06-03-01) gewählt. Einzelheiten dazu im Anhang 8: Checkliste zur Identifikation potenzieller Cybersecurity-Risiken für UC3.

7.2.9 Zusammenfassung Risikopotenzial Cybersecurity

Aus der betrachteten technischen Architektur für die Automatisierung der Fahraufgabe ergeben sich

hohe Risikopotenziale für die Missions-Kontrolleinheit (MKE) und die Zentrale-Fahrsteuerung (ZFS), da diese über Drahtlosverbindungen verfügen. Die anderen Systeme, die kabelgebunden vernetzt sind, sind per Definition unkritischer (d. h. mittlere oder geringe Risikoeinstufung), da eine Manipulation einen physischen Eingriff direkt am Fahrzeug erfordert, während Drahtlosverbindungen als ortsunabhängig angreifbar gelten.

Die Bewertung des Risikopotenzials dessen, was außerhalb des Fahrzeugs liegt, ist durch eine separate Tabelle zusammengefasst worden. Dabei kann in diesem Rahmen nur auf die unterschiedlichen Risiken der Einsatzumgebung hingewiesen werden. Welche Steuereinrichtungen beispielsweise in diesem Use Case eingesetzt werden sollten, ist im Rahmen dieses Projekts nicht im Detail ausgearbeitet worden.

7.2.10 Use Case 3: Zusammenfassende Bewertung

Komplexität/Entwicklungsaufwand

Die Automatisierung der Fahraufgabe des Absicherungsfahrzeugs ist im Vergleich zu einem Fahrzeug, das autonom mit hoher Geschwindigkeit von einem Start- zum Endpunkt durch ein komplexes Verkehrsgeschehen fahren kann, weniger anspruchsvoll. Durch die Einschränkung auf den gekoppelten Betrieb bei höherer Geschwindigkeit und das Folgen mit größerem Abstand bei geringer Geschwindigkeit, wird die Trajektorien-Bestimmung vereinfacht. Die Arbeitsaufgabe, das Steuern der richtungsabhängigen Beleuchtung der gezogenen Absperrtafel, ist von geringerer Komplexität.

Trotzdem ergeben sich aus den oben analysierten Risikopotenzialen hohe Anforderungen an die Performance, Sicherheit und Zuverlässigkeit der Subsysteme sowie der Missionskontrolle, die auch gesicherte Prozesse in der Bedienung und Wartung voraussetzt.

Verfügbarkeit der erforderlichen Technologien

Die Technologien sind prinzipiell verfügbar und Fahrzeuge mit vergleichbaren Einsatzbedingungen sind in der Praxis prototypisch dargestellt worden (siehe aFAS). Generell ist die Weiterentwicklung eines Prototypensystems zur Serienlösung ein großer Aufwand, da in diesem Schritt alle erkannten

Detailprobleme gelöst, prozesskonform entwickelt und die Zuverlässigkeit im Dauerbetrieb nachgewiesen werden müssen. Darüber hinaus müssen Serienlösungen von normal qualifizierten Personen (d. h. keine eingewiesenen Ingenieure und Techniker) bedienbar sein. Zu diesem Zeitpunkt befinden sich viele der erforderlichen Subsysteme in einer Serienentwicklung, aber eine uneingeschränkte Anwendung für den öffentlichen Verkehr steht noch aus.

Sicherheits- und Cybersecurityziele

Die letztlich gültigen und vollständigen technischen Sicherheits- und Cybersecurityziele für die beschriebenen Funktionen und Subsysteme müssen aus den in den späteren Serienentwicklungsprojekten durzuführenden detaillierten Analysen (HARA und TARA) abgeleitet werden. In diesem Rahmen können nur beispielhaft einige Ziele genannt werden:

- Auswahl Sicherheitsziele:
 - Eine unbeabsichtigte oder unautorisierte Änderung der Missionsvorgabe soll verhindert werden.
 - Ein unbeabsichtigtes oder unautorisiertes Starten oder Stoppen der Mission soll verhindert werden.
 - Eine unbeabsichtigte oder unautorisierte Änderung der Fahrtrajektorie soll verhindert werden.
 - Eine fehlerhafte Erkennung von Hindernissen in Bezug auf Größe, Abstand und Relativgeschwindigkeit soll verhindert werden.
 - Eine sicherheitskritische Abweichung zwischen dem Soll- und Istwert einer Bremsansteuerung soll verhindert werden.
 - Eine sicherheitskritische Abweichung zwischen dem Soll- und Istwert der Antriebssteuerung soll verhindert werden.
 - Eine sicherheitskritische Abweichung zwischen dem Soll- und Istwert einer Lenkwinkelvorgabe soll verhindert werden.
 - Das Ausbleiben oder die Richtungsumkehr von Lichtsteuerungsvorgaben soll verhindert werden.

- Auswahl Cybersecurityziele:
 - Eine Manipulation der relevanten Missionsparameter soll verhindert werden.
 - Eine Manipulation der Kommunikation zwischen der Missionskontrolle und der Fahrzeugsteuerung soll verhindert werden.
 - Das unautorisierte Auslesen der Missionsdaten soll verhindert werden.
 - Eine Manipulation der Umfelddaten für die Fahrzeugsteuerung soll verhindert werden.
 - Eine Manipulation der Missionsdaten durch unautorisierten Zugang zu den Kontrolleinrichtungen soll verhindert werden.
 - Eine Manipulation der Software durch unautorisierte Personen bei der Fahrzeugwartung und -Reparatur soll verhindert werden.

7.3 Use Case 5: Vorwarntafeln automatisiert aufstellen, einsammeln und bewegen

7.3.1 Vereinfachte funktionale Architektur

Um die Funktionalität der automatisiert selbstfahrenden Vorwarntafel und der teilautomatisierten Absetzvorrichtung auf dem Trägerfahrzeug beispielhaft darzustellen, wird die in Bild 7-3 dargestellte Aufteilung in Funktionsblöcke vorgeschlagen.

7.3.2 Missionskontrolle

Mit dem Use Case 5 werden zwei Hauptfunktionen abgedeckt. Zum einen soll eine auf einem selbstfahrenden Fahrgestell montierte Vorwarntafel automatisiert (oder teilautomatisiert/ferngesteuert) einer beweglichen Arbeitsstelle folgen und zum Ausbringfahrzeug zurückkehren können. Zum anderen soll auf einem manuell gesteuerten Ausbringfahrzeug eine (teil-)automatisierte Absetz- und Hebevorrichtung installiert sein, die die selbstfahrende Vorwarntafel vom Ausbringfahrzeug ab- und wieder aufladen kann.

Da diese Hauptfunktionen voneinander unabhängig sind, wird die Missionskontrolle in einen Teil A und B unterteilt. Die Missionskontrolle A beinhaltet die Definition sämtlicher Randbedingungen des Einsatzes für die selbstfahrende Vorwarntafel, die Kommunikation mit dem Fahrzeug und das Auswählen sowie Starten und Stoppen der Funktionen. Dazu gehören u. a. Angaben zum/zur

- Start- und Endpunkt des Einsatzes
- Betriebsmodus (stationärer oder beweglicher Betrieb, optionale Fernsteuerung)
- Einsatzkonfiguration (Sollabstand, max. Geschwindigkeit, ...)
- Steuerung der Vorwarntafel und Lichtzeichen

Die Missionskontrolle B beinhaltet aller Steuerungen zum Absetzen und Aufladen der Vorwarntafel

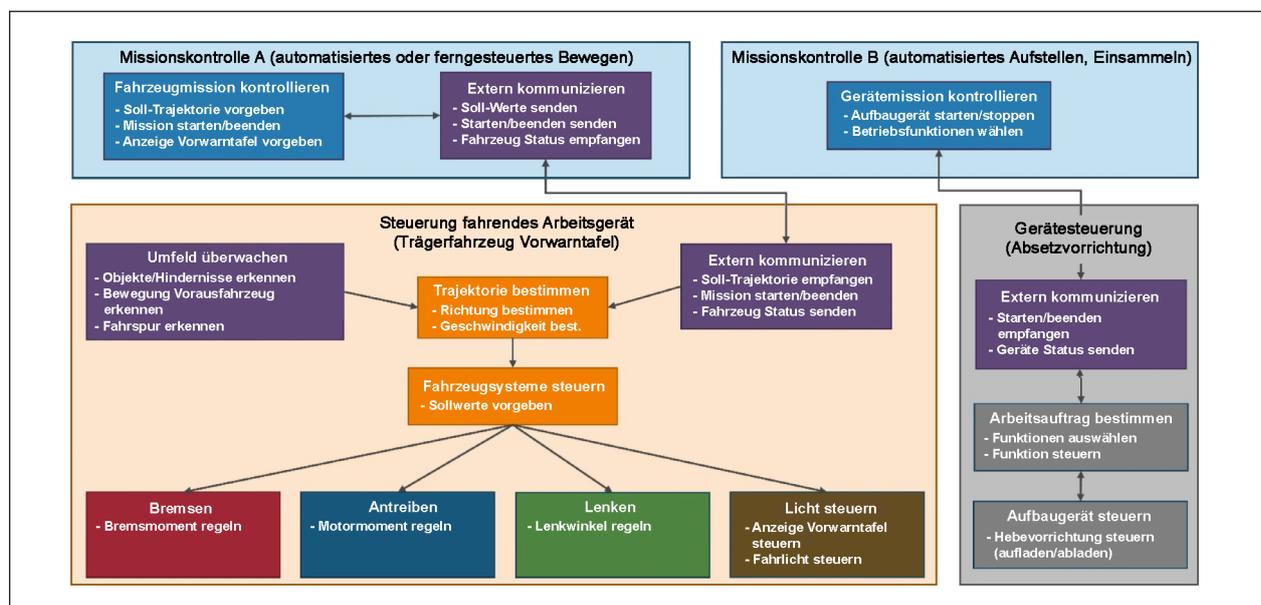


Bild 7-3: Use Case 5 – vereinfachte funktionale Architektur

auf das Ausbringfahrzeug. In erster Annahme wird davon ausgegangen, dass die Missionskontrolle B kabelgebunden aus dem Fahrerhaus des Ausbringfahrzeugs stattfindet. Nach dem Start des Vorgangs zum Absetzen oder Aufladen sollen diese dann automatisiert ablaufen.

7.3.3 Steuerung des fahrenden Arbeitsgerätes

Die Steuerung umfasst alle Systeme, die notwendig sind, damit die selbstfahrende Vorwarntafel im ausgewählten Betriebsmodus automatisiert bzw. ferngesteuert vorrücken und dabei auf Hindernisse reagieren sowie die Fahrspur halten kann. Die Fahrzeugsteuerung kommuniziert mit der Missionskontrolle und steuert die Subsysteme für das Lenken, Bremsen, Antreiben.

7.3.4 Gerätesteuerung

Die Gerätesteuerung setzt alle Befehle der Missionskontrolle B zum Absetzen und Aufladen der Vorwarntafel auf das Ausbringfahrzeug um. Diese Vorgänge werden manuell durch den Fahrer des Trägerfahrzeugs ausgelöst, sollen dann aber automatisiert bis zum Erreichen der jeweiligen Endposition (aufgeladen und verriegelt bzw. abgesetzt und entriegelt) ablaufen.

7.3.5 Vereinfachte technische Architektur

Für ein konkretes Fahrzeugkonzept müssen die beschriebenen Funktionen physischen Subsysteme

zugeordnet werden. Eine mögliche Aufteilung ist in Bild 7-4 dargestellt. Sie orientiert sich an üblichen und im Wesentlichen marktverfügbaren Lösungen. Die Zuordnung der Funktionen zu den Subsystemen ist über die Farbcodierung erkennbar.

Sämtliche Umfelderkennungsfunktionen (einschließlich der im Bild symbolisch dargestellten Kameras und/oder Radarsensoren) sind dem Fahrer-Assistenzsystem zugeordnet. Aufgrund der geringen Geschwindigkeit wird angenommen, dass kein zusätzliches Schaltgetriebe erforderlich ist.

Dabei sind die Kommunikationsschnittstellen innerhalb des Fahrzeugs kabelgebunden. Die Schnittstelle zwischen der Missions-Kontrolleinheit A und der zentralen Fahrsteuerung wird als drahtlose Schnittstellen angenommen. Damit ist die Missionskontrolle A räumlich vom Fahrzeug getrennt und könnte sowohl über ein mitgeführtes Endgerät (z. B. Tablet), als auch über eine zentrale Leitstelle realisiert werden.

Das automatisierte Rückkehren der Vorwarntafel zum Trägerfahrzeug lässt sich über ein GNSS-Positionssignal steuern. Da die Missions-Kontrolleinheit B fest mit dem Trägerfahrzeug verbunden ist, bietet es sich an, über dieses Steuergerät die Position zu erfassen und drahtlos mit der zentralen Fahrsteuerung auszutauschen, um das Ziel für die Rückkehrfunktion vorzugeben.

Die Arbeitsgerätesteuerung steuert die (nicht dargestellte) Hydraulik der Hebevorrichtung und der Verriegelungsmechanik.

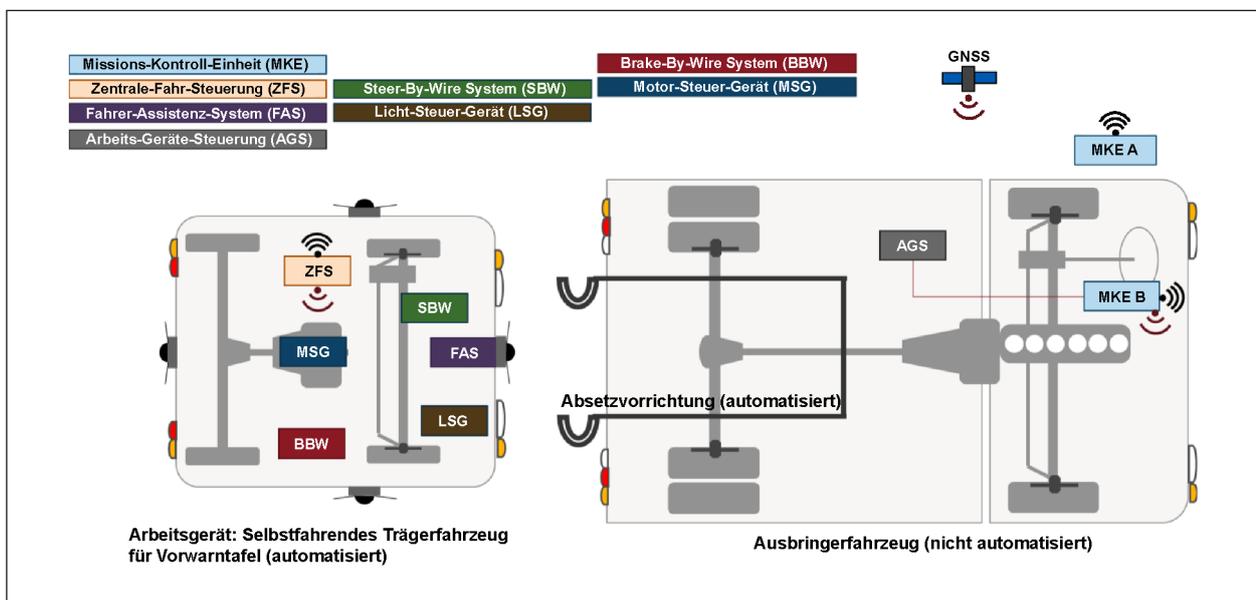


Bild 7-4: Use Case 5 – vereinfachte technische Architektur

7.3.6 Risikopotenzial bzgl. funktionaler Sicherheit

Zur Abschätzung des Risikopotenzials werden die einzelnen Hauptfunktionen des Systems nach relevanten Kriterien bewertet, um die wesentlichen Ausfallrisiken und deren Auswirkungen auf betroffene Personen und Verkehrsteilnehmer zu identifizieren. Dabei werden auch die Häufigkeiten der im Fehlerfall kritischen Betriebssituation sowie die Möglichkeiten zur Kontrollierbarkeit der fehlerhaften Funktion berücksichtigt. Um eine ausreichende Unterscheidung zwischen geringeren und höheren Risiken in der Bewertung zu erhalten, werden die Zahlen für die Wichtung der einzelnen Stufen mit einer vergrößerten Spreizung (10-06-03-01) gewählt. Einzelheiten dazu im Anhang 6: Checkliste zur Identifikation potenzieller funktionaler Sicherheitsrisiken für UC5.

7.3.7 Zusammenfassung Risikopotenzial funktionale Sicherheit

Aus der betrachteten Funktionsarchitektur für den automatisierten Betrieb der Vorwarntafel ergeben sich demnach hohe Risikopotenziale für folgende 4 Funktionsgruppen:

- Trajektorie bestimmen
- Fahrzeugsystem steuern
- Lenken
- Umfeld überwachen

Analog zu der Bewertung in Use Case 3, kann jede dieser Funktionen bei Ausfall oder fehlerhaftem Verhalten mit hoher Wahrscheinlichkeit dazu führen, dass es zu Kollisionen mit anderen Verkehrsteilnehmern kommt. Gemäß der üblichen Vorgehensweise bei einer Risikoanalyse, wird hier das Gesamtsystem ohne Sicherheitsmechanismen betrachtet (weil diese Maßnahmen aus dem Ergebnis der Analyse abgeleitet und definiert werden und eine Berücksichtigung innerhalb der Analyse zu einem Zirkelbezug führen würde).

Zu den Funktionsgruppen mit einem mittleren Risikopotenzial gehören:

- Bremsen
- Extern kommunizieren

Für die Einstufung der externen Kommunikation wird wie bei Use Case 3 davon ausgegangen, dass

der komplette Ausfall der Kommunikation im Vergleich zu einer Verfälschung als weniger kritisch eingestuft wurde, da das Fahrzeug (ohne weitere Sicherheitsmechanismen) in diesem Fall seine aktuelle Trajektorie beibehalten würde und trotz der fehlenden externen Daten korrekt auf z. B. Hindernisse und Kurven reagieren würde.

Das Risiko in Folge eines Bremsversagens liegt aufgrund der auf max. 10 km/h begrenzten Geschwindigkeit auch nur im mittleren Bereich.

Die niedrige Geschwindigkeit reduziert auch das Risiko im Falle eines Ausfalls für den Antrieb gegenüber Use Case 3, sodass dieser zusammen mit der Lichtsteuerung ein niedriges Risikopotenzial zugeordnet wird. Der auf den Standstreifen beschränkte Einsatz wirkt sich ebenfalls an dieser Stelle risikominimierend aus.

Für die manuell zu startende, automatisiert funktionierende Absetzvorrückung wird das Risikopotenzial als nicht signifikant eingeschätzt, da angenommen wird, dass sich während einer potenziellen Fehlfunktion keine Person im Absetzbereich befindet. Diese Einschätzung bezieht sich rein auf die funktionale Sicherheit und betrachtet keine Aspekte der Arbeitssicherheit im Umgang mit der Vorrichtung.

7.3.8 Risikopotenzial bzgl. Cybersecurity

Für die Abschätzung des Cybersecurity-Risikopotenzials reicht die rein funktionale Betrachtung nicht aus, da hierfür Annahmen über die externen- und internen Schnittstellen getroffen werden müssen. Die physischen Schnittstellen (sowohl kabelgebunden als auch drahtlos) sind die wesentlichen möglichen Angriffspfade für eine Cyber-Attacke, und damit die Basis für die Bewertung der damit verbundenen möglichen Risiken. In der folgenden Analyse werden, ausgehend von den sog. Cybersecurity-Eigenschaften des jeweiligen Subsystems und seiner Schnittstellen, die Angriffspfade und die möglichen Auswirkungen grob bewertet.

Das Cybersecurity-Risikopotenzial ist jedoch nicht auf das Fahrzeug bzw. Arbeitsgerät beschränkt, da auch andere Stellen der gesamten Wirkkette für einen fehlerfreien Betrieb betrachtet werden müssen, die außerhalb des Fahrzeugs liegen. Bei allen teleoperierten oder autonom agierenden Systemen ist der Zugang zu den Eingabegeräten, die das System und den Arbeitseinsatz steuern, zwingend mit-

zubetrachten, da die Bedienung oder Manipulation durch eine nicht autorisierte Person einen wesentlichen Angriffspfad darstellt. Im gleichen Maße wie die Bedieneinrichtungen sind auch die Werkstätten für Wartung und Reparatur betroffen. Wenn dort z. B. Softwareupdates durchgeführt werden, darf das Risiko einer möglichen Manipulation durch nicht autorisierte Personen nicht außer Acht gelassen werden.

Um eine ausreichende Unterscheidung zwischen geringeren und höheren Risiken in der Bewertung zu erhalten, werden die Zahlen für die Wichtung der einzelnen Stufen mit einer vergrößerten Spreizung (10-06-03-01) gewählt. Einzelheiten dazu im Anhang 9: Checkliste zur Identifikation potenzieller Cybersecurity-Risiken für UC5.

7.3.9 Zusammenfassung Risikopotenzial Cybersecurity

Aus der betrachteten technischen Architektur für die Automatisierung der Fahraufgabe für die Vorwarntafel, ergeben sich analog zum Use Case 3 hohe Risikopotenziale für die Missions-Kontrolleinheit (MKE), bestehend aus den Teilen A und B, und die zentrale Fahrsteuerung (ZFS), da diese über Drahtlosverbindungen verfügen. Die anderen Systeme, die kabelgebunden vernetzt sind, sind per Definition unkritischer (d. h. mittlere oder geringe Risikoeinstufung), da eine Manipulation einen physischen Eingriff direkt am Fahrzeug erfordert, während Drahtlosverbindungen als ortsunabhängig angreifbar gelten.

Die Bewertung des Risikopotenzials dessen, was außerhalb des Fahrzeugs liegt, ist durch eine separate Tabelle zusammengefasst worden. Dabei kann in diesem Rahmen nur auf die unterschiedlichen Risiken der Einsatzumgebung hingewiesen werden. Welche Steuereinrichtungen beispielsweise in diesem Use Case eingesetzt werden sollten, ist im Rahmen dieses Projekts nicht im Detail ausgearbeitet worden.

7.3.10 Use Case 5: Zusammenfassende Bewertung

Komplexität/Entwicklungsaufwand

Die Automatisierung der Fahraufgabe der selbstfahrenden Vorwarntafel ist im Vergleich zu einem

Fahrzeug, das autonom mit hoher Geschwindigkeit von einem Start- zum Endpunkt durch ein komplexes Verkehrsgeschehen fahren kann, weniger anspruchsvoll. Der Geschwindigkeitsbereich ist stark begrenzt (max. 10 km/h) und komplexe Fahrmanöver können ausgeklammert werden, da keine Spurwechsel vorgesehen sind. Durch die vorgesehene Möglichkeit zur Fernsteuerung ändert sich diese Risikoeinschätzung zunächst nicht, jedoch kommen ggf. weitere Risiken durch einen aus der Ferne agierenden Fahrer hinzu, da in diesem Fall eine hohe Aufmerksamkeit und Verantwortung gefordert wird, ohne dass die bedienende Person selbst einem Risiko ausgesetzt ist.

Insgesamt ergeben sich aus den oben durchgeführten Analysen signifikante Risikopotenziale, die zu hohen Anforderungen an die Performance, Sicherheit und Zuverlässigkeit der Subsysteme sowie der Missionskontrolle führen. In Bezug auf die Sicherheit bei Versagen der elektronischen Systeme gibt es keine wesentliche Vereinfachung durch eine Fernsteuerung im Vergleich zum automatisierten Betrieb, da in beiden Fällen ein direktes und unmittelbares Eingreifen nicht möglich ist.

Verfügbarkeit der erforderlichen Technologien

Die Technologien sind prinzipiell verfügbar und automatisiert fahrende Arbeitsgeräte/Fahrzeuge im unteren Geschwindigkeitsbereich auf nicht-öffentlichem Gelände (z. B. Logistikbereich) sind bereits seit längerem im Einsatz. Neu wäre hier auch für den langsam fahrenden Betrieb der Einsatz auf einer öffentlichen BAB. Dadurch sind ein erhöhter Aufwand und prozesskonforme Entwicklung und Nachweis der Zuverlässigkeit im Dauerbetrieb erforderlich. Zu diesem Zeitpunkt befinden sich viele der erforderlichen Subsysteme in einer Serienentwicklung, aber eine uneingeschränkte Anwendung für den öffentlichen Verkehr steht noch aus.

Sicherheits- und Cybersecurityziele

Die letztlich gültigen und vollständigen technischen Sicherheits- und Cybersecurityziele für die beschriebenen Funktionen und Subsysteme müssen aus den in den späteren Serienentwicklungsprojekten durzuführenden detaillierten Analysen (HARA und TARA) abgeleitet werden. In diesem Rahmen können nur beispielhaft einige Ziele genannt werden:

- Auswahl Sicherheitsziele:
 - Unbeabsichtigte oder unautorisierte Änderungen der Missionsvorgabe sowohl im ferngesteuerten als auch im automatisierten Betrieb sollen verhindert werden.
 - Ein unbeabsichtigtes oder unautorisiertes Starten oder Stoppen der Mission soll verhindert werden.
 - Eine unbeabsichtigte oder unautorisierte Änderung der ferngesteuert oder automatisiert vorgegebenen Fahrtrajektorie soll verhindert werden.
 - Eine fehlerhafte Erkennung von Hindernissen in Bezug auf Größe, Abstand und Relativgeschwindigkeit soll verhindert werden.
 - Eine sicherheitskritische Abweichung zwischen dem Soll- und Istwert einer Lenkwinkelvorgabe soll verhindert werden.
 - Das Ausbleiben oder die Richtungsumkehr von Lichtsteuerungsvorgaben soll verhindert werden.
 - Auswahl Cybersecurityziele:
 - Eine Manipulation der relevanten Missionsparameter soll verhindert werden.
 - Eine Manipulation der Kommunikation zwischen der Missionskontrolle und der Fahrzeugsteuerung soll verhindert werden.
- Das unautorisierte Auslesen der Missionsdaten soll verhindert werden.
 - Eine Manipulation der Umfelddaten für die Fahrzeugsteuerung soll verhindert werden.
 - Eine Manipulation der Missionsdaten durch unautorisierten Zugang zu den Kontrolleinrichtungen soll verhindert werden.
 - Eine Manipulation der Software durch unautorisierte Personen bei der Fahrzeugwartung und -reparatur soll verhindert werden.

7.4 Use Case 9: Automatisierte Streckenkontrolle mit einer Drohne

7.4.1 Vereinfachte funktionale Architektur

Um die Funktionalität der Drohne und der Kamerasteuerung mit Bildauswertung beispielhaft darzustellen, wird die in Bild 7-5 dargestellte Aufteilung in Funktionsblöcke vorgeschlagen.

7.4.2 Missionskontrolle

Der Use Case 9 kann in die Hauptfunktionen der Flugsteuerung und der Kamerasteuerung unterteilt werden. Mit Kamerasteuerung ist jedoch nur die Steuerung für die Bildaufzeichnung und Auswertung der Streckenkontrolle gemeint. Für die Umfeld-

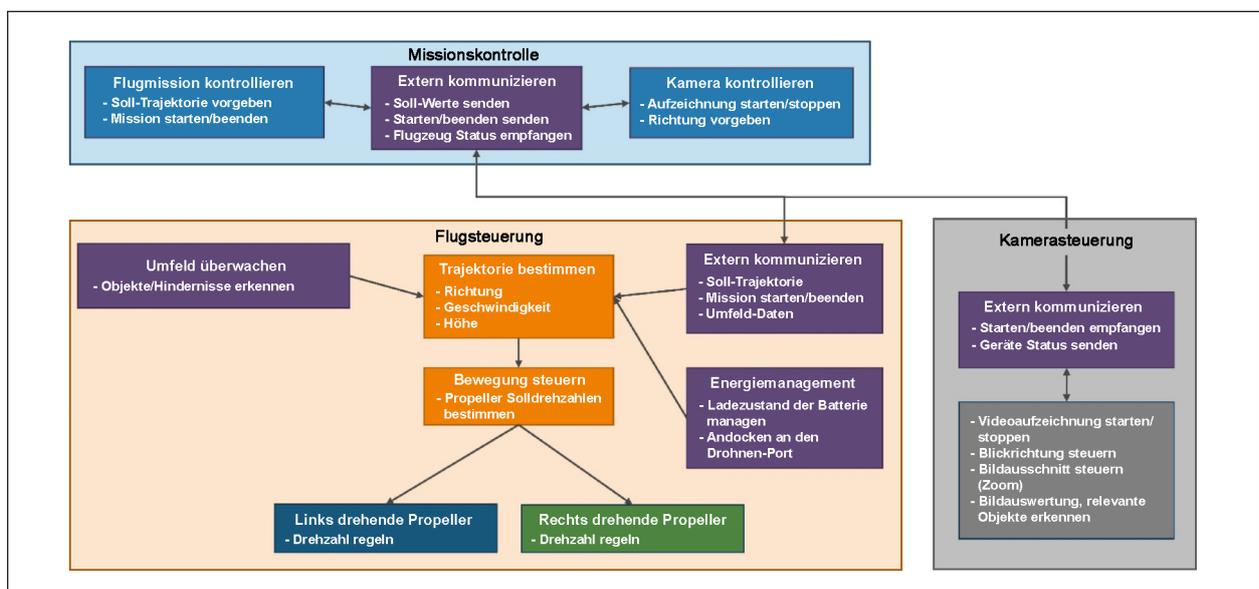


Bild 7-5: Use Case 9 – vereinfachte funktionale Architektur

überwachung der Flugsteuerung kommen ggf. weitere Kameras mit anderer Ausrichtung zum Einsatz.

Die Missionskontrolle beinhaltet die Definition sämtlicher Randbedingungen des Einsatzes, die Kommunikation mit der Drohne und der Kamera. Dazu gehören u. a. Angaben zum/zur

- Start- und Endpunkt des Einsatzes
- Einsatzkonfiguration (Flughöhe, max. Geschwindigkeit, ...)
- Einstellung der Kamera (Zoom, Winkel, ...)
- Konfiguration der Bildauswertung zur Erkennung relevanter Objekte
- Missionsdauer und Energiemanagement

7.4.3 Flugzeugsteuerung

Die Flugzeugsteuerung umfasst den Antrieb für die Propeller für die Umsetzung der Vorgaben bzgl. der Flughöhe, Geschwindigkeit und Richtung. Zusätzlich muss der Ladezustand der Batterie ständig überwacht und ggf. ein Notlandemanöver eingeleitet werden. Der automatisierte Start und die automatisierte Rückkehr an eine Ladestation (Drohnen-Port) ist ebenfalls Bestandteil des Use Cases.

7.4.4 Kamerasteuerung

Für diesen Use Case ist die Gerätesteuerung beschränkt auf die Steuerung der Kamera. Dabei werden nicht nur die Parameter für die Kameraperspektive konfiguriert, sondern auch notwendige Einstellungen für die automatische Bildauswertung vorgenommen. Die Bildauswertung soll den Video-Stream des definierten Fahrbahnausschnitts auf Gegenstände und Schäden überprüfen und für jede Auffälligkeit repräsentative Ausschnitte an die Einsatzstelle zur abschließenden Bewertung durch eine verantwortliche Person senden. Nicht relevante Anteile des Video-Streams werden nicht gespeichert oder übertragen. Damit kann die Datenlast und Übertragungsgeschwindigkeit optimiert werden.

7.4.5 Vereinfachte technische Architektur

Für ein konkretes Konzept der Drohne müssen die beschriebenen Funktionen physischen Subsystemen zugeordnet werden. Eine mögliche Aufteilung ist in Bild 7-6 dargestellt. Sie orientiert sich an üblichen und im Wesentlichen marktverfügbaren Lösungen. Die Zuordnung der Funktionen zu den Subsystemen ist über die Farbcodierung erkennbar.

Für die Steuerung des Flugbetriebs und das Lademanagement werden neben der zentralen Flugsteuerung, die im Wesentlichen die Steuerung der Propeller und die Kommunikation beinhaltet, weitere Hardwareeinheiten für die Umfeldüberwachung und das Lademanagement angenommen.

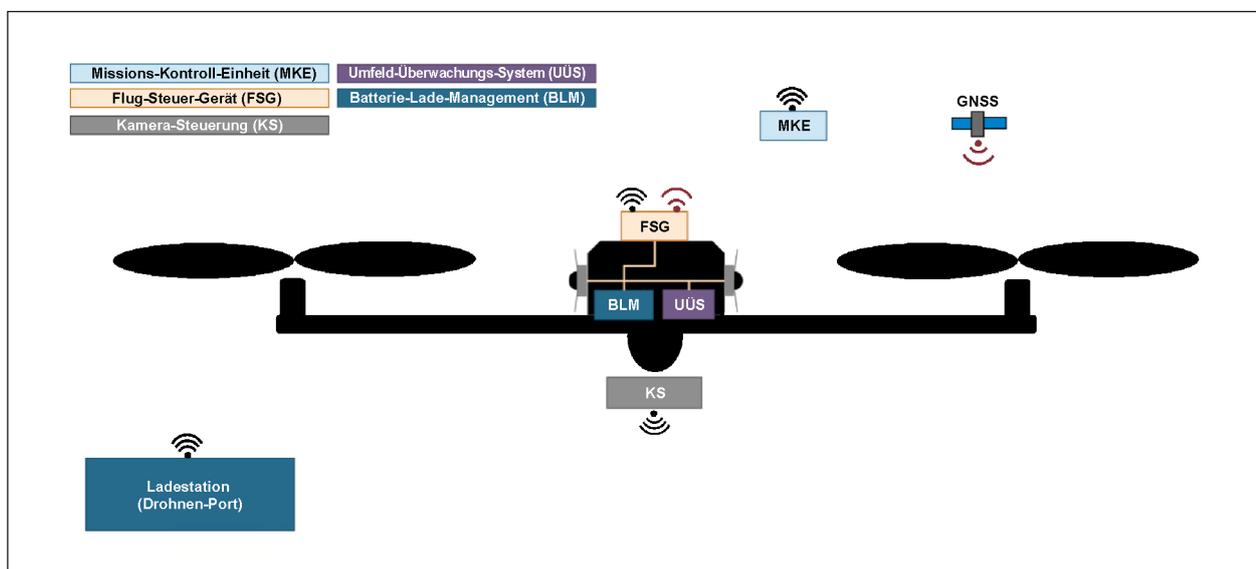


Bild 7-6: Use Case 9 – vereinfachte technische Architektur

7.4.6 Risikopotenzial bzgl. funktionaler Sicherheit

Zur Abschätzung des Risikopotenzials werden die einzelnen Hauptfunktionen des Systems nach relevanten Kriterien bewertet, um die wesentlichen Ausfallrisiken und deren Auswirkungen auf betroffene Personen und Verkehrsteilnehmer zu identifizieren. Dabei werden auch die Häufigkeiten der im Fehlerfall kritischen Betriebssituationen sowie die Möglichkeiten zur Kontrollierbarkeit der fehlerhaften Funktionen berücksichtigt. Um eine ausreichende Unterscheidung zwischen geringeren und höheren Risiken in der Bewertung zu erhalten, werden die Zahlen für die Wichtung der einzelnen Stufen mit einer vergrößerten Spreizung (10-06-03-01) gewählt. Einzelheiten dazu im Anhang 7: Checkliste zur Identifikation potenzieller funktionaler Sicherheitsrisiken für UC9.

7.4.7 Zusammenfassung Risikopotenzial funktionale Sicherheit

Die grobe Analyse des Risikopotenzials ergibt eine mittlere Einstufung für alle Funktionen, die mit der Durchführung und Absicherung des Flugbetriebs zusammenhängen. Die Grundannahme ist dabei, dass es nur zu sicherheitskritischen Situationen kommen kann, wenn die Fehlfunktion zum Absturz führt. Darunter fallen auch mögliche Kollisionen mit Brücken, Bäumen oder ähnlichem in unmittelbarer Nähe der Fahrbahnen. Aufgrund der geringen Masse der Drohne, wird nur eine mittlere Wahrscheinlichkeit für eine Kollision mit dem fließenden Verkehr mit tödlichen Verletzungen angenommen. In den überwiegenden Fällen würde es bei leichten bis schweren Verletzungen bleiben.

Das Risikopotenzial für die Gerätesteuerung (Kamera und Bildauswertung) ist erwartungsgemäß vernachlässigbar.

7.4.8 Risikopotenzial bzgl. Cybersecurity

Für die Abschätzung des Cybersecurity-Risikopotenzials reicht die rein funktionale Betrachtung nicht aus, da hierfür Annahmen über die externen- und internen Schnittstellen getroffen werden müssen. Die physischen Schnittstellen (sowohl kabelgebunden als auch drahtlos) sind die wesentlichen möglichen Angriffspfade für eine Cyber-Attacke, und damit die Basis für die Bewertung der damit verbundenen möglichen Risiken. In der folgenden Analyse werden, ausgehend von den sog. Cybersecurity-

Eigenschaften des jeweiligen Subsystems und seiner Schnittstellen, die Angriffspfade und die möglichen Auswirkungen grob bewertet.

Das Cybersecurity-Risikopotenzial ist jedoch nicht auf das Fahrzeug bzw. Arbeitsgerät beschränkt, da auch andere Stellen der gesamten Wirkkette für einen fehlerfreien Betrieb betrachtet werden müssen, die außerhalb des Fahrzeugs liegen. Bei allen teleoperierten oder autonom agierenden Systemen ist der Zugang zu den Eingabegeräten, die das System und den Arbeitseinsatz steuern, zwingend mitzubetrachten, da die Bedienung oder Manipulation durch eine nicht autorisierte Person einen wesentlichen Angriffspfad darstellt. Im gleichen Maße wie die Bedieneinrichtungen sind auch die Werkstätten für Wartung und Reparatur betroffen. Wenn dort z. B. Softwareupdates durchgeführt werden, darf das Risiko einer möglichen Manipulation durch nicht autorisierte Personen nicht außer Acht gelassen werden.

Um eine ausreichende Unterscheidung zwischen geringeren und höheren Risiken in der Bewertung zu erhalten, werden die Zahlen für die Wichtung der einzelnen Stufen mit einer vergrößerten Spreizung (10-06-03-01) gewählt. Einzelheiten dazu im Anhang 10: Checkliste zur Identifikation potenzieller Cybersecurity-Risiken für UC9.

7.4.9 Zusammenfassung Risikopotenzial Cybersecurity

Im Bereich der betrachteten Cybersecurity-Risiken wird das Risikopotenzial mittel bis hoch eingeschätzt. Die höhere Einstufung im Vergleich zu den funktionalen Sicherheitsrisiken liegt daran, dass hier neben der Sicherheit auch Aspekte bzgl. möglicher finanzieller Schäden und Datenverluste einfließen. Während bei der funktionalen Sicherheit davon ausgegangen wird, dass sich das Verletzungsrisiko aus einem statistischen Mittel der betrachteten Unfallsituationen ergibt, wäre es bei einem Cyberangriff durchaus denkbar, dass versucht würde, die Manipulation so vorzunehmen, dass das Risiko für tödliche Verletzungen möglichst hoch ausfällt.

Auch für diesen Use Case ist die Bewertung des Risikopotenzials in der Peripherie des Einsatzes von großer Bedeutung. Die Infrastruktur für Steuerung, Wartung und Handling der Daten und der Software hat den maßgeblichen Anteil bei den möglichen Angriffspfaden.

7.4.10 Use Case 9: Zusammenfassende Bewertung

Komplexität/Entwicklungsaufwand

Die Automatisierung eines Drohneneinsatzes ist in Bezug auf die reine Flugsteuerung von geringerer Komplexität, da die Drohne eine automatische Stabilisierungsfunktion aufweist und die Aufgabe im Wesentlichen auf die Trajektoriensteuerung und die Aufzeichnung des Video-Streams beschränkt ist.

In Bezug auf den Gesamteinsatz sind im Detail noch Lösungen rund um das Lademanagement in den speziellen Stationen zu entwickeln, die gleichzeitig als sicherer Aufbewahrungsort außerhalb des Einsatzes dienen (sog. Drohnenports).

Obwohl Größe und Gewicht im Vergleich zu Fahrzeugen eher klein sind, ergeben sich doch signifikante Risiken, falls die Drohne unkontrolliert über dem fließenden Verkehr abstürzen würde. Die Absicherung in Bezug auf funktionale Sicherheit und Cybersecurity ist auch für diesen Use Case relevant und komplex.

Verfügbarkeit der erforderlichen Technologien

Drohnen mit ausreichender Reichweite für den Betrieb im beschriebenen Use Case sind generell verfügbar, ebenso wie die benötigten Kamera- und Bildauswertungssysteme. Stationen zum Nachladen und die Steuerungssysteme sind technologisch ebenfalls keine größere Hürde. Die Herausforderung bei der Entwicklung eines Systems für den Use Case 9 liegt eher in der Integration aller Einzelösungen in ein Gesamtsystem. Hier müssen auch abgesicherte Betriebsprozesse, einfache Bedienbarkeit und das Datenmanagement der Video-Streams enthalten sein.

Sicherheits- und Cybersecurityziele

Die letztlich gültigen und vollständigen technischen Sicherheits- und Cybersecurityziele für die beschriebenen Funktionen und Subsysteme müssen aus den in den späteren Serienentwicklungsprojekten durzuführenden detaillierten Analysen (HARA und TARA) abgeleitet werden. In diesem Rahmen können nur beispielhaft einige Ziele genannt werden:

- Auswahl Sicherheitsziele:
 - Eine unbeabsichtigte oder unautorisierte Änderung der Missionsvorgabe soll verhindert werden.
 - Ein unbeabsichtigtes oder unautorisiertes Starten oder Stoppen der Mission soll verhindert werden.
 - Eine unbeabsichtigte oder unautorisierte Änderung der Flugtrajektorie soll verhindert werden.
 - Eine sicherheitskritische Abweichung zwischen dem Soll- und Istwert der Antriebssteuerung für die Propeller soll verhindert werden.
- Auswahl Cybersecurityziele:
 - Eine Manipulation der relevanten Missionsparameter soll verhindert werden.
 - Eine Manipulation der Kommunikation zwischen der Missionskontrolle und der Flugzeugsteuerung soll verhindert werden.
 - Das unautorisierte Auslesen der Missionsdaten soll verhindert werden.
 - Eine Manipulation der Missionsdaten durch unautorisierten Zugang zu den Kontrolleinrichtungen soll verhindert werden.
 - Eine Manipulation der Software durch unautorisierte Personen bei der Wartung und -Reparatur soll verhindert werden.

7.5 Bewertung des rechtlichen Rahmens der Use Cases

7.5.1 Bewertung Use Case 3

Das autonom fahrende Absicherungsfahrzeug fällt eindeutig in den im Kapitel 2.3.4 beschriebenen Kontext des neuen Gesetzes zum Autonomen Fahren. Daraus ergeben sich zusammengefasst folgende Konsequenzen:

- Auch für den Einsatz im Zusammenhang mit Baustellen auf einer BAB muss ein Konzept für die geforderte „Technische Aufsicht“ erarbeitet werden. Dabei sind sowohl lokale Lösungen

(d. h. Zuweisung der Technischen Aufsicht an Mitarbeiter auf der Baustelle) als auch zentrale Lösungen (d. h. Technische Aufsicht über zentrale Leitstelle(n)) möglich.

- Bislang gibt es nur den übergeordneten Rahmen. Die Einarbeitung konkreter Anforderungen in die zulassungsrelevanten Einzelvorschriften (z. B. ECE-R13 für Bremssysteme, ECE-R79 für Lenksysteme, etc.) ist noch nicht abgeschlossen. Aufgrund der Komplexität wird dies wahrscheinlich noch einige Jahre dauern. Bis dahin gibt es jedoch die Möglichkeit, Fahrzeuge über Einzelzulassungen für den Betrieb auf öffentlichen Straßen zuzulassen. D. h., die Umsetzung dieses Use Cases wäre aus zulassungstechnischer Sicht generell heute schon möglich.
- Die grundlegenden technischen Voraussetzungen für einen autonomen Fahrbetrieb, d. h. entsprechend ausgelegte Fahrzeugsysteme und Sensoren, sind für viele Anwendungsfälle für PKW, Busse und Nutzfahrzeuge sehr ähnlich. D. h., sobald in einem dieser Marktsegmente der Durchbruch stattgefunden hat und sich autonome Fahrzeuge etablieren, werden sich schnell Synergien für die anderen Segmente ergeben.
- Da das in Use Case 3 beschriebene autonome Absicherungsfahrzeug nur in geringen Stückzahlen vermarktet werden kann, ist es unwahrscheinlich, dass es eine Vorreiterrolle einnehmen wird. Sobald Lösungen für den Einsatz autonomer Nutzfahrzeuge im Güterverkehr verfügbar sind, werden wahrscheinlich auch autonome Absicherungsfahrzeuge wirtschaftlich darstellbar sein.

7.5.2 Bewertung Use Case 5

Im Vergleich zum Use Case 3 gibt es im Use Case 5 kein autonom fahrendes Straßenfahrzeug. Das Ausbringfahrzeug kann also auf Basis eines konventionellen Serien-Nutzfahrzeugs, ohne besondere zulassungstechnische Anforderungen, realisiert werden.

Für die autonom fahrende Vorwarntafel ist eine Bewertung ohne Rücksprache und Einschätzung durch einen technischen Dienst an dieser Stelle nicht möglich. Für die Frage, ob die Vorwarntafel in den Geltungsbereich der neuen Gesetzgebung zum

Autonomen Fahren fällt, sind folgende Aspekte zu bewerten, die dafür oder dagegen sprechen:

- Dagegen spricht:
 - Die Beschränkung der Höchstgeschwindigkeit auf 10 km/h,
 - Der auf den Standstreifen beschränkte Einsatzort,
 - Bauartbedingt gibt es keine Kabine oder Sitze für Personen.
- Dafür spricht:
 - Auch der Standstreifen gehört zum öffentlichen Verkehrsraum,
 - Es gibt keinen Mechanismus, der von vornherein verhindern kann, dass das Fahrzeug auf die Fahrbahn gerät. D. h., das aus dem autonomen Betrieb resultierende Risiko – und damit auch die Forderung nach einer Technischen Aufsicht – ist per se nicht anders als bei einem PKW oder Nutzfahrzeug.
 - Größe und Masse sind mit PKW oder Transportern vergleichbar.

7.5.3 Bewertung Use Case 9

Die Einordnung der autonom agierenden Drohne für die Streckenkontrolle in den in Kapitel 2.3.5 beschriebenen rechtlichen Rahmen kann im aktuellen Stand nur grob eingeschätzt werden. Relevante Kriterien, die eine vorläufige Einordnung in die Betriebskategorie „speziell“ nahelegen, sind u. a.:

- Das Startgewicht der Drohne. Hier ist 25 kg eine wichtige Grenze zwischen den Betriebskategorien „offen“ (= genehmigungsfrei) und „speziell“ (= genehmigungspflichtig).
- In Bezug auf die Flughöhe ist man in der „speziellen“ Kategorie nicht an die Grenze von 120 m gebunden.
- Um unterhalb eines seitlichen Abstands von 100 m zu Fernstraßen bleiben zu können, ist ebenfalls die „spezielle“ Kategorie erforderlich.
- Eine Rolle für die Genehmigung spielt auch, ob der zu überwachende Streckenabschnitt der BAB außerhalb oder innerhalb eines bebauten Gebiets liegt.

8 Lastenhefte für ausgewählte Use Cases

Für die Lastenhefte der in Kapitel 5 ausgewählten drei Use Cases wurden die Ergebnisse aus der Potenzialanalyse (Kapitel 6) und aus der Bewertung der Realisierbarkeit (Kapitel 7) als Anforderungen zusammengefasst. Hierfür wurden zunächst die Stakeholder und Benutzer ermittelt sowie deren Bedürfnisse formuliert. Da auch aus Vorschriften und Normen Anforderungen für das System resultieren, wurden diese ebenfalls auf der Ebene der Stakeholder aufgenommen. Die Erhebung der Anforderungen orientierte sich an der üblichen Vorgehensweise in der Automobilindustrie.

In Bild 8-1 ist beispielhaft die funktionale Struktur für ein System zur Umsetzung von Use Case 3 dargestellt. In diesem Fall wird das System in drei Teilsysteme unterschieden, welche auch untereinander Anforderungen haben können. Am Ende der Lastenhefte wurde zusätzlich für jeden der drei Use Cases eine Referenzarchitektur als Empfehlung beschrieben.

Die drei Lastenhefte sind als eigenständige Dokumente aufgebaut und befinden sich im Anhang:

- Anhang 11: System zur Absicherung von Fahrstreifen mit einem autonomen Absicherungsfahrzeug
- Anhang 12: System zum automatisierten Aufstellen, Einsammeln und Bewegen von Vorwarn tafeln
- Anhang 13: System für die automatisierte Streckenkontrolle mit einer Drohne

Die erstellten Lastenhefte stellen keine erschöpfende Beschreibung einer Lieferleistung für automatisierte Fahr-, Flug- oder Gerätefunktionen dar, sondern sollen Anregungen für Entwickler liefern.

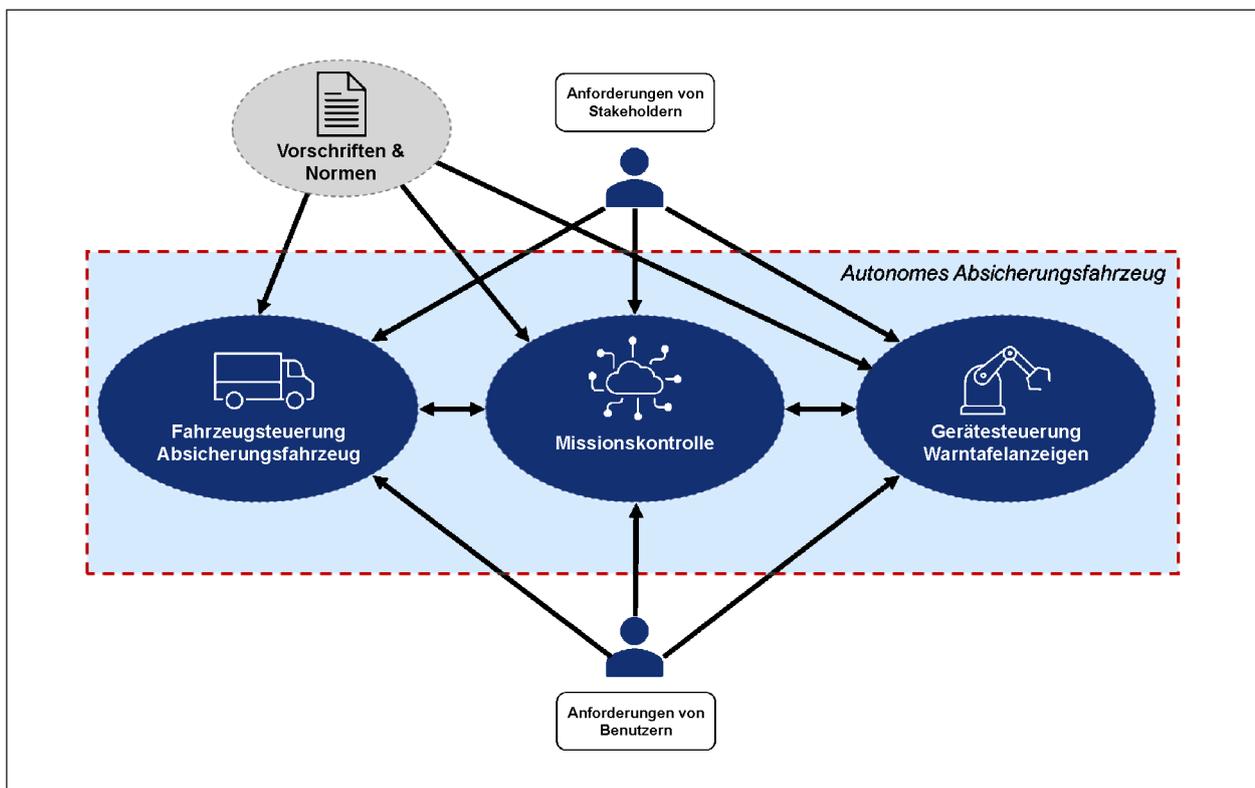


Bild 8-1: Funktionale Struktur für Use Case 3

9 Nächste Schritte zur Umsetzung

Das Projekt hat gezeigt, dass durch den Einsatz von automatisierten Technologien in der Fahrzeug- und Maschinenteknik im Straßenbetriebsdienst die Sicherheit von MA erhöht und die Effizienz mittel- und langfristig gesteigert werden kann. Daher ist es sinnvoll, diesen Ansatz weiter zu verfolgen und dafür notwendige Schritte einzuleiten. Im Folgenden werden einige Aspekte kurz beschrieben, die als nächste Schritte geeignet sind.

Wie im Kapitel 6.3 erwähnt, werden automatisierte Technologien primär durch die Entwicklungen für den Massenmarkt vorangetrieben. Um den Übergang dieser Entwicklungen zum Straßenbetriebsdienst zu erleichtern, können weitere Forschungsprojekte hilfreich sein sowie die Adaption vereinfachen und fördern. Besonders geeignet sind in diesem Fall die drei im Rahmen des Projekts ausgewählten Use Cases, die im Workshop und im Betreuerkreis als besonders nützlich bewertet wurden und zum Teil auch in näherer Zeit umsetzbar sind.

Im Rahmen weiterer Forschungsprojekte für diese Use Cases könnte die aktuell noch weitestgehend ungeklärte Umsetzung einer „Technischen Aufsicht“ (TA) untersucht werden, die gemäß der neuen Verordnung zum Autonomen Fahren für Level-4-Fahrzeuge vorgeschrieben ist. Diese TA wird nicht von einem OEM zur Verfügung gestellt, sondern steht in der Verantwortung des Halters (siehe § 13, Absatz 6 in der Verordnung zur Regelung des Betriebs von Kraftfahrzeugen mit automatisierter und autonomer Fahrfunktion und zur Änderung straßenverkehrsrechtlicher Vorschriften). In diesem Kontext sollten auch die Anforderungen an MA für eine TA analysiert werden. Hier ist auch zu betrachten, ob hierzu neue Stellen geschaffen werden müssten.

Eine weitere Hürde stellt die Cybersecurity dar, die bei zunehmender Automatisierung und Vernetzung immer umfangreicher berücksichtigt werden muss. Gleichzeitig mangelt es branchenübergreifend an Fachpersonal in diesem Bereich. Wie mit dieser Problematik zukünftig, insbesondere bei höherem Bedarf dieser Qualifikation im Straßenbetriebsdienst, umgegangen wird, kann in einem Pilotprojekt im Straßenbetriebsdienst getestet werden. Dabei kann auch untersucht werden, ob eine zentrale Leitstelle z. B. in der Verkehrszentrale der Autobahn GmbH in Frankfurt, als TA für mehrere Fahrzeuge unterschiedlicher Autobahnmeistereien infra-

ge kommt und somit der Bedarf von hochqualifiziertem Personal minimiert und auf bestimmte Orte begrenzt werden kann. Außerdem können so erste Erfahrungen mit einer TA in der Praxis gesammelt werden, die in die Entwicklung weiterer Rahmenbedingungen für eine TA einfließen können.

Da eine Vielzahl automatisierter Technologien im Straßenbetriebsdienst als Basis ein autonom fahrendes Fahrzeug voraussetzen, ist ebenso eine Forcierung auf ein Basisfahrzeug als nächstes Forschungsprojekt denkbar. In diesem Fall kann in einem frühen Stadium Einfluss auf die Entwicklung von autonomen Fahrzeugen im Pkw-Massenmarkt genommen werden, die eine anschließende Umsetzung für Nutzfahrzeuge vereinfacht. Ein autonomes Basisfahrzeug im Nutzfahrzeugsegment ist zudem auch für die Logistik besonders interessant. Relevante Entwicklungen in diesem Bereich sollten daher frühzeitig konvergieren, um die Kosten und den Umsetzungszeitraum dieser Technologien für den Straßenbetriebsdienst möglichst gering zu halten.

Das Forschungsprojekt hat zudem das Potenzial von autonom fliegenden Drohnen im Straßenbetriebsdienst aufgezeigt. In einem nächsten Schritt könnte genauer untersucht werden, wie sich diese Technologie in die Prozesse und Gegebenheiten des Straßenbetriebsdienstes bzw. der Autobahnmeistereien integrieren lässt. Außerdem sollte die Thematik der sog. Drohnenports, als wesentlicher Bestandteil dieser Automatisierungslösung, näher betrachtet werden.

Literatur

- [AKIT 2017] AKIT – Institutsteil Angewandte Systemtechnik des Fraunhofer IOSB (Konsortialführer) [2017]. AKIT – Autonomie-KIT für serien-nahe Arbeitsfahrzeuge zur vernetzten und assistierten Bergung von Gefahrenquellen. URL: <http://a-kit.de/>, abgerufen am 11.04.2022
- [Autobahn GmbH 2021] Autobahn GmbH [2021]. Die Autobahn- Autobahnreform. URL: <https://www.autobahn.de/die-autobahn/auto-bahnreform>, abgerufen am 11.04.2022
- [BASt et al. 2020] BASt – Bundesanstalt für Straßenwesen; Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Straßen- und Eisenbahnwesen (KITE ISE); Betreuerkreis aus Vertretern von Straßenbau- und Verkehrsverwaltungen sowie des Arbeitsschutzes und der Bauwirtschaft [2020]. Handlungshilfe für das Zusammenwirken von ASR 5.2 und RSA bei der Planung von Straßenbaustellen im Grenzbereich zum Straßenverkehr, veröffentlicht vom FGSV-Verlag, FGSV-Nr. 37098, Köln
- [BEKORS 2013] BEKORS – Adhoc Fachgruppe Betriebsdienst – Arbeitskreis BEKORS (Herausg.) [2013]. M 7: Maßnahmenkatalog Straßenbetriebsdienst: Management der Fahrzeug- und Geräteausstattung für den Straßenbetriebsdienst, eingeführt durch ARS Nr. 21/2013
- [BENZ 2021] Mercedes-Benz [2021]. Mercedes-Benz erhält weltweit erste international gültige Systemgenehmigung für hochautomatisiertes Fahren. URL: <https://group-media.mercedes-benz.com/marsMediaSite/de/instance/ko.xhtml?oid=52173961&ls=L2RIL2luc3RhbmlL2tvLn hodG1sP29pZD00ODM2MjU4>, abgerufen am 11.04.2022
- [BMAS 2018] BMAS – Bundesministerium für Arbeit und Soziales [2018]. Technische Regeln für Arbeitsstätten: Anforderungen an Arbeitsplätze und Verkehrswege auf Baustellen im Grenzbereich zum Straßenverkehr – Straßenbaustellen (ASR 5.2), veröffentlicht von der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, URL: <https://www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-Technische-Regeln/Regelwerk/ASR/ASR-A5-2.html>, abgerufen am 11.04.2022
- [BMDV 2020] BMDV – Bundesministerium für Digitales und Verkehr [2020]. Verkehrsinvestitionsbericht für das Berichtsjahr 2018. Berlin
- [BMDV 2021a] BMDV – Bundesministerium für Digitales und Verkehr [2021]. MOSAiK:D – M2M-gestützte Optimierung der Sicherheit in Arbeitsstellen kürzerer Dauer. URL: <https://www.bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Artikel/DG/AVF-projekte/mosaik.html>, abgerufen am 11.04.2022
- [BMDV 2021b] BMDV – Bundesministerium für Digitales und Verkehr [2021]. Gesetz zum autonomen Fahren tritt in Kraft. URL: <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/DG/gesetz-zum-autonomen-fahren.html>, abgerufen am 11.04.2022
- [BMDV 2021c] BMDV – Bundesministerium für Digitales und Verkehr [2021]. EU-Regelungen für Drohnen. URL: <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/LF/drohnen.html>, abgerufen am 11.04.2022
- [BMDV 2021d] BMDV – Bundesministerium für Digitales und Verkehr [2021]. Leistungsheft für den Straßenbetrieb auf Bundesfernstraßen, erarbeitet von dem Bund/Länder-Arbeitskreis BEKORS, Betriebskostenrechnung im Straßenbetriebsdienst. Berlin
- [BMDV 2022] BMDV – Bundesministerium für Digitales und Verkehr [2022]. Bundeskabinett verabschiedet Verordnung zum Autonomen Fahren. URL: <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Pressemitteilungen/2022/008-wissing-verordnung-zum-autonomen-fahren.html>, abgerufen am 11.04.2022
- [DGUV 2012] DGUV – Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e. V. [2012]. Psychische Belastungen im Straßenbetrieb und Straßenunterhalt. DGUV Information 206-016. URL: <https://publikationen.dguv.de/widgets/pdf/download/article/901>, abgerufen am 11.04.2022
- [FGSV 2020] FGSV – Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen [2020]. Zusammenstellung betriebsdienstrelevanter Regelwerke und ihrer Bedeutung für die Praxis, Version 3.2 – Stand 01.12.2020, erstellt durch den AA 3.11 Straßenbetriebsdienst der FGSV. URL: <https://www.fgsv.de/rw-zusammenstellungen.html>, abgerufen am 11.04.2022
- [FGSV 2021] FGSV – Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen [2021]. Richtlinien für die Sicherung von Arbeitsstellen an Straßen (RSA), Ausgabe 2021, herausgegeben durch

- die Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen. FGSV-Verlag, Köln 2021
- [HANKE 2019] HANKE, H. [2019]. Teil I: Straßenbetriebsdienst. In: Der Elsner, Handbuch für Straßen- und Verkehrswesen, Ausgabe 2020, Otto Elsner Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG, Dieburg
- [Hessen Mobil 2018] Hessen Mobil [2018]. URL: https://mobil.hessen.de/sites/mobil.hessen.de/files/aFAS_Schlusspr%C3%A4sentation_Pressemeldung_01-00-00.pdf, abgerufen am 11.04.2022
- [Hessen Mobil 2019] Hessen Mobil [2019]. Zusammenstellung von Arbeitsstellen kürzerer Dauer (AkD) im Basisnetz unter Beachtung StVO und arbeitsschutzrechtlicher Richtlinien. Hessen Mobil, Straßen- und Verkehrsmanagement, Wiesbaden
- [HOLLDORB et al. 2022] HOLLDORB, C.; CYPRA, T.; WACHSMANN, J. [2022]. Gewährleistung der sicheren Befahrbarkeit der Bundesfernstraßen bei starkem Schneefall. Schlussbericht zum FE-Vorhaben 03.0572/2018/MRB im Auftrag Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur, vertreten durch die Bundesanstalt für Straßenwesen (unveröffentlicht). Karlsruhe, Januar 2022
- [KAYSER et al. 1993] KAYSER, H. J.; FELDGES, M.; BUSCHMANN, U.; OVERKAMP, K. [1993]. Unfälle mit Straßenunterhaltungspersonal auf Bundesautobahnen, Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 673, Bonn
- [KBA 2021] Kraftfahrt-Bundesamt [2021]. KBA erteilt erste Genehmigung zum automatisierten Fahren. URL: https://www.kba.de/DE/Presse/Pressemittelungen/Allgemein/2021pm49_2021_erste_Genehmigung_automatisiertes_Fahren.html?snn=3662144, abgerufen am 11.04.2022
- [LFA 2003] LfA – Länderfachausschuss „Straßenunterhaltung und Betriebsdienst“ (Herausg.) [2003]. MK 8: Maßnahmenkatalog Straßenbetriebsdienst: Ermittlung des Fahrzeug- und Gerätebedarfs für Autobahn- und Straßenmeistereien, veröffentlicht: Verkehrsblatt, (VkBI) Heft 20, Seite 674 ff., Verkehrsblatt-Verlag Borgmann GmbH & Co. KG, Dortmund
- [ROOS et al. 2008] ROOS, R.; ZIMMERMANN, M.; RIFFEL, S.; CYPRA, T. [2008]. Verbesserung der Sicherheit des Betriebspersonals in Arbeitsstellen kürzerer Dauer auf Bundesautobahnen. Bericht zum Forschungsprojekt FE 03.403/2005/LRB. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Verkehrstechnik Heft V 170, Bergisch Gladbach, Mai 2008
- [RUTTLOFF 2017] RUTTLOFF, M. [2017]. Neue rechtliche Vorgaben für automatisiertes Fahren. URL: <https://www.gleisslutz.com/de/node/13144/pdf>, abgerufen am 11.04.2022
- [TU DRESDEN 2021] Technische Universität Dresden, Fakultät Psychologie und Zentrum für taktiles Internet mit Mensch-Maschine-Interaktion (CeTI) [2021]. Autonom und unfallfrei – Betrachtungen zur Rolle der Technischen Aufsicht im Kontext des autonomen Fahrens. URL: https://tu-dresden.de/mn/psychologie/iaosp/applied-cognition/ressourcen/dateien/publikationen/pdf/01_Dix2021.pdf?lang=en, abgerufen am 11.04.2022
- [ZIMMERMANN/MORITZ 2004] ZIMMERMANN, M.; MORITZ, K. [2004]. Erhöhung des Schutzes von Straßenbetriebsdienstpersonal an Arbeitsstellen kürzerer Dauer, in: Straßenverkehrstechnik, Heft 10/2004, S. 499-506, Kirschbaum-Verlag Bonn

Bilder

- Bild 1-1: Projektorganisation und Projektsteuerung
- Bild 2-1: Verkehrstechnische Gestaltung einer Arbeitsstelle von kürzerer Dauer auf dem Seitenstreifen [FGSV 2021]
- Bild 2-2: Regelplan D III/2r [FGSV 2021]
- Bild 2-3: Anteile der Leistungsbereiche am Gesamtaufgabenumfang im Straßenbetrieb für Bundesautobahnen, Datengrundlage: BMDV (2020)
- Bild 2-4: Sicherheitsaspekte der Betriebssicherheit
- Bild 2-5: Basis Sicherheits-Standard IEC 61508
- Bild 2-6: Beispiele von Cybersecurity Normen
- Bild 2-7: Relevante Cybersecurity Vorschriften & Rechtsakte

- Bild 5-1: Abschätzung von Umsetzungszeitraum und Umsetzungsaufwand der Use Cases
- Bild 5-2: Technische Realisierbarkeit (Abstimmungsergebnis)
- Bild 5-3: Erhöhung der Sicherheit (Abstimmungsergebnis)
- Bild 5-4: Erhöhung der Effizienz (Abstimmungsergebnis)
- Bild 5-5: Absicherung Risiken (Abstimmungsergebnis)
- Bild 5-6: Weiterverfolgung Use Cases (Abstimmungsergebnis)
- Bild 5-7: Zusammenfassung der Abstimmungsergebnisse zu den neun Use Cases
- Bild 5-8: Ausgewählte Use Cases
- Bild 7-1: Use Case 3 – vereinfachte funktionale Architektur
- Bild 7-2: Use Case 3 – vereinfachte technische Architektur
- Bild 7-3: Use Case 5 – vereinfachte funktionale Architektur
- Bild 7-4: Use Case 5 – vereinfachte technische Architektur
- Bild 7-5: Use Case 9 – vereinfachte funktionale Architektur
- Bild 7-6: Use Case 9 – vereinfachte technische Architektur
- Bild 8-1: Funktionale Struktur für Use Case 3
- Tab. 3-1: Liste der Autobahnmeistereien im Rahmen des Anwenderworkshops
- Tab. 5-1: Liste der Stakeholder beim Expertenworkshop
- Tab. 7-1: Betrachtete Use-Cases und Fahrzeugkonfigurationen

Tabellen

- Tab. 2-1: Zuordnung der relevanten Aufgaben des Betriebsdienstes zu den Kategorien A, B und C [BASt et al. 2020]
- Tab. 2-2: Betriebskategorien für UAS [BMDV 2021c]
- Tab. 2-3: Ausstattung der Autobahnmeistereien mit Fahrzeugen, Anhängern und Großgeräten

Schriftenreihe

Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen

Unterreihe „Verkehrstechnik“

2020

V 321: Dynamisches umweltsensitives Verkehrsmanagement

Diegmann, Wurstthorn, Breitenbach, Düring, Schönharting, Kraus, Klemm, Voigt, Kohlen, Löhner € 20,00

V 324: Konzept zur Bewertung des Verkehrsablaufs an Knotenpunkten mit und ohne LSA

Vortisch, Buck, Leyn, Baier, Schuckließ, Schimpf, Schmotz
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 325: Entwurfsparameter von Hochleistungsstraßen innerhalb bebauter Gebiete

D. Schmitt, J. Gerlach, M. Schwedler, F. Huber, H. Sander
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 326: Straßenverkehrszählung 2015 – Methodik der manuellen Zählungen

Schmidt, Frenken, Mahmoudi € 15,50

V 327: Straßenverkehrszählung 2015 – Ergebnisse

Frenken, Mahmoudi € 16,50

V 328: Anprallprüfungen an Fahrzeug-Rückhaltesystemen und Entwicklung von Nachrüstlösungen

Meisel, Balzer-Hebborn, Ellmers, Jungfeld, Klostermeier, Kübler, Schmitz, Schwedhelm, Yu
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 329: Streckenbezogene Glättevorhersage

Schedler, Gutbrod, Müller, Schröder € 24,50

V 330: Führung des Radverkehrs an Landstraßen

Baier, Leu, Rittershaus
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 331: Leitfaden für die Streckenfreigabe für den Einsatz von Lang-Lkw

Lippold, Schemmel, Förg, Süßmann € 17,00

V 332: Räumliche Linienführung von Autobahnen

Lippold, Zösch
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 333: Passive Schallschutzmaßnahmen – Akustische Wirksamkeit

Hänisch, Heidebrunn € 17,00

V 334: Akustische Wirksamkeit von Lärmschutzwandaufsätzen

Lindner, Kluth, Ruhnau, Schulze € 17,00

V 335: Ermittlung aktualisierter Grundlagen für Beschleunigungsvergütungen in Bauverträgen

Geistefeldt, Hohmann, von der Heiden, Finkbeiner € 16,00

V 336: Vergleich der Detektoren für die Verkehrserfassung an signalisierten Knotenpunkten

Ungureanu, Ilić, Radon, Rothe, Reichert, Schober, Stamatakis, Heinrich € 18,50

V 337: Bridge-WIM Pilotversuch – Begleitung und Auswertung

Kathmann, Scotti, Kucera € 18,50

2021

V 338: Streckenbeeinflussungsanlagen – Entwurf eines regelungstechnischen Modells zur verbesserten Harmonisierung des Verkehrsablaufs

Schwietering, Schwietering, Maier, Hakenberg, Pyta, Abel
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 339: Aktualisierung der Datenbank MARLIS

Schneider, Turhan, Pelzer
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 340: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2017

Fitschen, Nordmann € 31,00

V 341: Lebenszykluskostenbewertung von Schutzeinrichtungen

Eckert, Hendrich, Horlacher, Kathmann, Scotti, von Heel
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 342: Entwicklung eines aktuellen, echtzeit-verfügbaren Key Performance Indicator (KPI) Systems für das deutsche Autobahnnetz

Peter, Janko, Schick, Waßmuth, Friedrich, Bawidemann € 21,00

V 343: Kreisverkehre an Landstraßen Auswirkungen der Erkennbarkeit und der Zufahrtsgestaltung auf die Verkehrssicherheit

Schmotz, Schröter, Schemmel, Lippold, Schulze € 21,50

V 344: Verkehrsträgerübergreifende Lärmkumulation in komplexen Situationen

Popp, Eggers, Heidebrunn, Cortes € 21,00

V 345: Aufbau einer Datenbank zur Berechnung exemplarischer Lärmsituationen mit Geräuschemissionsdaten der Straße und meteorologischen Daten

Liepert, Skowronek, Eberlei, Crijenkovic, Müller, Schady, Elsen
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 346: Zusammenhang reduzierter Geräuschgrenzwerte mit den in-use Geräuschemissionen bei unterschiedlichen Verkehrssituationen

Müller, Huth, Liepert € 15,00

V 347: Chancen in der Verkehrsbeeinflussung durch Fahrzeug-Infrastruktur-Kommunikation

Schwietering, Löffbering, Spangler, Gabloner, Busch, Roszak, Dobmeier, Neumann
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 348: Einsatz und Verkehrssicherheit von Fußgängerüberwegen

Bohle, Busek, Schröder € 18,50

V 349: Straßenbepflanzung und Verkehrssicherheit – Ermittlung unfallbeeinflussender Merkmale auf Basis empirischer Modelle unter besonderer Berücksichtigung der Bepflanzung im Seitenraum an Landstraßen

Schreck-von Below € 22,00

V 350: Wirksamkeit von Lärmschutzwandaufsätzen

Bartolomaeus, Strigari, Sammet
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 351: Effektivität und Wirtschaftlichkeit der Streustofflagerung – TAUSALA II

Holldorb, Cypra, Pape
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

2022

V 352: **Abriebe von Fahrhahnoberflähen**
Düring, Schmidt, Johannsen € 19,00

V 353: **Nutzung der C2X-basierten ÖV-Priorisierung an signalisierten Knotenpunkten**
Gay, Grimm, Otto, Partzsch, Gersdorf, Gierisch, Löwe, Schütze € 16,00

V 354: **Anwendung der Methode BIM in Konformität mit den Regelwerken der FGSV und des IT-Ko**
Radenberg, Müller, König, Hagedorn, Geistefeldt, Hohmann, Heinrichs, Stiehler, Kortemeyer
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 355: **Pilotversuch des Rechtsabbiegens von Rad Fahrenden bei Rot**
Niestegge, Schüller, Hantschel, Schröter, Gerike
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 356: **Entwicklung von Einsatzkriterien für Fußgänger-schutzanlagen mit unterschiedlichen Grundstellungen**
Medicus, Schmotz, Gerike, Reinartz, Baier
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 357: **Qualifizierung der in Deutschland verwendeten Fahrzeug-Rückhaltesysteme mit verbessertem Schutz für Motorradfahrer nach den aktuellen europäischen Spezifikationen**
Klöckner, Gärtner
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 358: **Nutzenpotenziale von eCall im Verkehrsmanagement**
Schaarschmidt, van Driel, Reinthaler, Nitsche, Aleksa
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 359: **Management von Neophyten – Ein Überblick über die aktuelle Situation auf Straßenbegleitflächen**
Bartels
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 360: **Wirksamkeit von Tunnelwänden als Träger photokatalytischer Oberflächen – Hauptstudie**
Stephan, Ehm, Kamaruddin
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 361: **Nachhaltigkeitsbewertung von Streckenzügen der Straßeninfrastruktur**
Hess, Lohmeier, Mielecke, Kunz
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 362: **Simulation des hochautomatisierten Fahrens auf Autobahnen mit kollektiver Streckenbeeinflussung**
Hilgers, Krabbe, Haug, Grimm, Kutter, Tempelhahn, Schwietering, Füg
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 363: **PERTA – Passive Sicherheit in der Straßenausstattung**
Tomasch, Radeschnig, Dünser, Sinz, Gstrein
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 364: **Verkehrsträgerübergreifender Austausch von Erneuerbarer Energie**
Chvanova, Haller, Leprich, U. Mayr, C. Mayr, Oßwald, Altröck, Gemmer, Michaels, Wagner € 23,50

V 365: **Bundesweite Verkehrsdaten 2019**
Schneider, Pelzer, Gallus, Dick, Lensing
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

2023

V 366: **Akzeptanz und Verkehrssicherheit des Radverkehrs im Mischverkehr auf Hauptverkehrsstraßen**
Schüller, Niestegge, Hantschel, Kühn, Gerike, Huber
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 367: **In Situ-Messungen von Reflexionseigenschaften von Fahrhahnoberflähen**
Schulze
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 368: **Methoden zur Bewertung der Verbindungsqualität in Straßennetzen**
Friedrich, Bawidamann, Peter, Waßmuth € 20,00

V 369: **Verkehrsablauf an signalisierten Knotenpunkten mit hohem Radverkehrsaufkommen**
Fritz, Grigoropoulos, Kath, Baier, Reinartz, Schuckließ, Jung-hans, Lücken, Leonhardt
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 370: **Wissenschaftliche Begleitung des digitalen Testfelds auf der A9 zwischen München und Nürnberg**
Vierkötter, Mischnick, Spangler, Gerstenberger, Windmann, Nedkov, Emmermann, Haspel
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 371: **Begleitende Systemevaluation der Maßnahme: Sicheres Ausleiten bei BAG-Standkontrollen**
Fehn, Margreiter, Spangler, Bogenberger, Emmermann, Bengler, Vierkötter, Nedkov, Feldges, Holst
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 372: **Autonome Systeme für Straßenbetriebsdienste (AETAS BAB)**
Lüpges, Kleer, Holldorb, Zielke
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

Fachverlag NW in der Carl Ed. Schünemann KG
Zweite Schlachtpforte 7 · 28195 Bremen
Tel. +(0)421/3 69 03-53 · Fax +(0)421/3 69 03-48

Alternativ können Sie alle lieferbaren Titel auch auf unserer Website finden und bestellen.

www.schuenemann-verlag.de

Alle Berichte, die nur in digitaler Form erscheinen, können wir auf Wunsch als »Book on Demand« für Sie herstellen.

Anhang zu:

Autonome Systeme für Straßenbetriebsdienste (AETAS BAB)

von

Christian Lüpkes
Daniel Kleer

AlbrechtConsult GmbH
Aachen

Christian Holldorb

Steinbeis-Transferzentrum
Infrastrukturmanagement im Verkehrswesen (IMV)
Karlsruhe

Frank Zielke

KoDeCs GmbH
Detmold

**Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Verkehrstechnik Heft V 372

bast

Anhang

- Anhang 1: Liste öffentlich geförderter Projekte
- Anhang 2: Factsheets
- Anhang 3: Fahrzeugklassen
- Anhang 4: Liste mit Tätigkeiten der Autobahnmeistereien
- Anhang 5: Checkliste zur Identifikation potenzieller funktionaler Sicherheitsrisiken für UC3
- Anhang 6: Checkliste zur Identifikation potenzieller funktionaler Sicherheitsrisiken für UC5
- Anhang 7: Checkliste zur Identifikation potenzieller funktionaler Sicherheitsrisiken für UC9
- Anhang 8: Checkliste zur Identifikation potenzieller Cybersecurity-Risiken für UC3
- Anhang 9: Checkliste zur Identifikation potenzieller Cybersecurity-Risiken für UC5
- Anhang 10: Checkliste zur Identifikation potenzieller Cybersecurity-Risiken für UC9
- Anhang 11: System zur Absicherung von Fahrstreifen mit einem autonomen Absicherungsfahrzeug
- Anhang 12: System zum automatisierten Aufstellen, Einsammeln und Bewegen von Vorwarntafeln
- Anhang 13: System für die automatisierte Streckenkontrolle mit einer Drohne

Anhang 1: Liste öffentlich geförderter Projekte

Relevanz: 0 = gar nicht; 1 = gering; 2 = hoch; 3 = sehr hoch

Nr.	Projektkürzel	Projekttitle	Gefördert durch	Projektziel	Projektwebseite	Use Case	Technik	Sonstiges	Interessant für AETAS BAB	Anmerkung
1	@CITY	Automatisierte Fahrzeuge und Intelligenter Verkehr in der Stadt	BMWK	Ziel von @CITY ist es, automatisiertes Fahren auch in der Stadt zu ermöglichen: Automatisierte Fahrzeuge und intelligenter Verkehr werden dabei als die zentralen Elemente für den sicheren, effizienten und stressfreien Stadtverkehr der Zukunft betrachtet. Automatisierte Fahrzeuge sollen dem Fahrer nicht nur den höchstmöglichen Unterstützungsgrad bieten, sondern auch die Interaktion zwischen Fahrzeug und Fahrer, aber auch zwischen Fahrzeug und Fußgängern bzw. Radfahrern verbessern.	https://www.atcity-online.de/	0	2	0	Leistungsfähige, robuste Algorithmen für die Umfelderkennung und das Situationsverstehen, auf eine präzise digitale Karte und Selbstlokalisierung. Evtl. interessant für den Weg von Meisterei bis zur Autobahn.	Primär zielt das Projekt auf automatisiertes Fahren im urbanen Umfeld ab
2	@CITY-AF	Automatisierte Fahrfunktionen für die Stadt	BMWK	Ziel von @CITY-AF ist es, erstmalig automatisierte Fahrfunktionen für das urbane Umfeld prototypisch in Versuchsträgern umzusetzen und unter realitätsnahen Bedingungen zu erproben. Hierfür werden die in @CITY erarbeiteten Algorithmen für Situationsverstehen, hochgenaue Karte und präzise Eigenlokalisierung sowie Fusions- und Bahnplanungsansätze gezielt in automatisierte Fahrfunktionen umgesetzt. Ausgehend von ersten in @CITY erarbeiteten Pilotanwendungen werden weitere Anwendungsszenarien erschlossen.		0	0	0		Interaktion mit schwächeren Verkehrsteilnehmern
3	ACCORd	Korridor für neue Mobilität Aachen – Düsseldorf	BMDV	Mit dem Korridor für neue Mobilität Aachen - Düsseldorf wird unter Einbindung bestehender Testfelder im Raum Aachen - Düsseldorf eine integrierte Entwicklungsumgebung geschaffen, um automatisierte Fahrzeuge in Interaktion mit vernetzter Infrastruktur systematisch zu testen und abzusichern. Um vielfältige Verkehrsszenarien abbilden zu können, enthält der Korridor einen Autobahnabschnitt, einen urbanen und einen ländlichen Bereich.		0	0	1	Autobahnabschnitt zum Testen und Absichern automatisierter Fahrzeuge	
4	aFAS	Automatisch fahrerlos fahrendes Absicherungsfahrzeug für Arbeitsstellen auf Autobahnen	BMWK	Entwicklung eines automatisch fahrerlos fahrendes Absicherungsfahrzeug für Arbeitsstellen kürzerer Dauer		3	3	0	Ist ein Use-Case auf der Autobahn	
5	AFiM	Automatisiertes Fahren im Mischverkehr	BMDV	Die Ziele des Forschungsvorhabens liegen in der Untersuchung und Beurteilung der Wechselwirkungen zwischen dem Risiko ausgewählter kritischer Fahrfunktionen automatisierter Fahrzeuge und der Leistungsfähigkeit von typischen urbanen Verkehrsnetzen, welche in Abhängigkeit zur Risikobereitschaft methodisch beurteilt werden sollen, um eine verlässliche Grundlage für die gesellschaftliche Diskussion zu schaffen.		0	0	0		
6	AI4OD	Embedded Integration von Verfahren der Künstlichen Intelligenz für eine verbesserte Objekterkennung im automatisierten Fahren	BMWK	Ziel des Vorhabens ist es, die Detektion von Objekten durch kamerabasierte Sensoren in Verbindung mit KI-Algorithmen in Nachtsituationen zu optimieren. Konkret sollen dazu die Lichtkegel bzw. Reflexionen erkannt und nachverfolgt werden. Weitere Projektziele sind die A-SPICE-konforme Umsetzung des Entwicklungsprozesses sowie die Entwicklung eines Tool-gestützten Datenmanagements, welches die Prozessschritte von der Aufnahme der Sensordaten, über die Aufbereitung bis zur Speicherung abdeckt.		0	2	0	Ziel des Vorhabens ist es, die Detektion von Objekten durch kamerabasierte Sensoren in Verbindung mit KI-Algorithmen in Nachtsituationen zu optimieren.	Fahrzeuge der Meisterei sind auch bei Dunkelheit unterwegs z.B. im Winterdienst. Objekte auf der Autobahn erkennen.
7	AirPortMover	Entwicklung und Erprobung autonomer, digitaler Nutzfahrzeuge für Flughafenaußenflächen und Hallen eines Flughafens	BMWK	Ziel des Projekts ist die Entwicklung von autonomen, elektrisch angetriebenen Nutzfahrzeugen für das Einsatzszenario Flughafen und Flughafenvorfeld und die Einbindung der autonomen Nutzfahrzeuge in die realen Betriebsabläufe.		2	2	0	Interessant für den Einsatz auf Betriebshöfen.	
8	AKIT	Autonomie-KIT für seriennahe Arbeitsfahrzeuge zur vernetzten und assistierten Bergung von Gefahrenquellen	BMBF	Das Ziel des Verbundprojekts ist deshalb die Erforschung einer neuartigen Bergeskette aus hochautomatisiert arbeitenden Bergungsfahrzeug, Supportshuttle und Kommunikationskomponenten. Hierbei liegt ein besonderer Schwerpunkt der Arbeiten auf der Konzeption eines Autonomie-KIT, welches es ermöglicht, weltweit verfügbare Bau- und Arbeitsmaschinen, wie z.B. Bagger und Traktoren, innerhalb kürzester Zeit durch die Zurüstung von Sensoren und anderen Komponenten in unbemannt operierende Bergegeräte umzurüsten. Dieses Autonomie-KIT unterstützt durch Funktionen wie autonome Navigation in unstrukturierter Umgebung, die 3D-basierte assistierte Objektmanipulation und situationsangepasste Vernetzung optimal und ermöglicht damit den Bergungskräften eine zügige Beräumung von Gefahrenquellen. Durch die Umsetzung als Zurüst-Kit müssen keine speziell umgerüsteten Fahrzeuge weltweit vorgehalten werden, sondern können am Einsatzort beschafft und qualifiziert werden.	http://a-kit.de/	1	3	1	Nachrüstbares Fernsteuerungs- und Automatisierungssystem für seriennahe Fahrzeuge --> kostengünstig	Projekt seit 09/2019 abgeschlossen

Nr.	Projektkürzel	Projekttitle	Gefördert durch	Projektziel	Projektwebseite	Use Case	Technik	Sonstiges	Interessant für AETAS BAB	Anmerkung
9	ALFRIED	Automatisiertes und vernetztes Fahren in der Logistik am Testfeld Friedrichshafen	BMDV	Ziel von ALFRIED ist die Weiterentwicklung des komplexen Mobilitätssystems der Stadt Friedrichshafen mit den Schwerpunkten Infrastruktur und Smart City Leitstelle. Friedrichshafen bietet als deutsches Mittelzentrum ein hervorragendes Anwendungsfeld für ein auf viele Städte und Regionen übertragbares Mobilitätskonzept. Automatisiertes und vernetztes Fahren (AVF), Datenintegration, Routenoptimierung, Störprädiktion sowie intelligente Echtzeitinformation sollen innerstädtische Warenfahrten zwischen Werksstandorten so optimieren, dass Einsparungen der Fahrten und/oder der damit verbundenen Emissionen erreicht werden und das innerstädtische Verkehrsaufkommen entlastet wird.		0	0	0		
10	ANITA	Autonome Innovation im Terminalablauf	BMWK	Das Verbundprojekt „ANITA“ zielt darauf ab, einen vollautomatisierten, fahrerlosen Lkw (Sattelzug) zu entwickeln und in zwei realen Logistikterminals in Ulm zu erproben sowie dessen Anwendung zu validieren. Dazu stehen neben der Fahrzeugentwicklung insbesondere auch die Technologieerprobung sowie die Interaktionsmechanismen zwischen Lkw und Mensch/Infrastruktur im Mittelpunkt des FE-Projekts. Zudem werden neuartige Verfahren zur Umfelderkennung und Objekterkennung im Nahbereich erforscht.		3	3	0	Technologieerprobung sowie die Interaktionsmechanismen zwischen Lkw und Mensch/Infrastruktur.	Vollautomatisierter und fahrerloser Ansatz
11	AnRox	Ausfallsicheres und effizientes elektrisches Antriebssystem für Robotertaxis	BMWK	Ziel des Forschungsvorhabens AnRox ist die Entwicklung eines ganzheitlich optimierten Antriebssystems für das automatisierte elektrische Fahren. Als Anwendungsfall wurde ein Robotertaxi gewählt, die Ergebnisse sollen sich jedoch generell auf alle elektrisch angetriebenen Fahrzeuge übertragen lassen. Die Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten fokussieren sich dabei auf alle Fahrzeug-Systemebenen (Fahrzeugebene, Systemebene und Komponentenebene) im gesamten Antriebssystem (u.a. Antrieb und Energiebordnetz). Hauptziel bei der Entwicklung der Lösungen ist es, eine Fehleroperabilität ohne Mehraufwand (z.B. Redundanz) zu erreichen bzw. notwendige Mehraufwände zumindest durch eine Funktionserweiterung an anderer Stelle zu kompensieren.		0	1	0	Eine Fehleroperabilität ohne Mehraufwand (z.B. Redundanz) zu erreichen bzw. notwendige Mehraufwände zumindest durch eine Funktionserweiterung an anderer Stelle zu kompensieren.	Falls elektrisch angetriebene Fahrzeuge im Betriebsdienst eine Rolle spielen
12	APEROL	Autonome, personenbezogene Organisation des Straßenverkehrs und digitale Logistik	BMDV	Ziel des Projekts ist neben der konkreten Umsetzung eines Pilotbetriebs von autonomen, elektrisch fahrenden Fahrzeugen im Straßenverkehr auch eine umfassende Softwareunterstützung und Entwicklung, die sowohl Bürgerinnen und Bürgern als auch Unternehmen passgenaue Mobilitäts- und Transportdienste anbietet. Darüber hinaus werden Algorithmen entwickelt, die den entstehenden Ressourceneinsatz optimieren und eine Übertragbarkeit der Lösungen auf andere Städte und Regionen ermöglichen.		0	0	0		
13	ARCADIA	Airborne tRaffiC AcciDent Identification – PoC Analysis	BMDV	Projektziel ist es, Luftbeobachtungsdaten zu realen Verkehrs- und Unfallsituationen zu erfassen, zu analysieren und zu bewerten. Dazu sollen mithilfe der Projektergebnisse genügend Informationen zum realen Verkehrs- und Unfallgeschehen an einem ausgewählten Unfallschwerpunkt erfasst werden.		0	0	0		
14	ATLAS-L4	Automatisierter Transport zwischen Logistikzentren auf Schnellstraßen im Level 4	BMWK	Projektziel ist es, mit autonomem Fahren zwischen Logistik Hubs auf der Autobahn einen wirksamen Beitrag zur Vermeidung von Staus und Unfällen zu leisten, die Fahrzeuge verbrauchseffizienter zu betreiben und dem Fahrpersonalmangel durch den Wegfall weniger attraktiver Fahraufgaben zu begegnen.		3	3	0	Interessant für die Entwicklung eines autonomen Basisfahrzeugs für die Ausführung verschiedener Tätigkeiten.	Das Projekt ist Anfang 2022 gestartet. Es liegen noch keine verwertbaren Ergebnisse vor.
15	ATLAS 60G	Automobiltunnel- und Parkhaus-Lokalisierungs-Assistenz-System im 60-GHz-Band	BMDV	Das Bestreben des Vorhabens liegt in der Technologieentwicklung für eine verbesserte, zielorientierte Navigation in Tunneln und Parkhäusern durch die Bereitstellung von genaueren, absoluten Positionen des Fahrzeugs. ATLAS 60G soll für die zukünftige Parkplatz- und Tunnelnavigation sowie Einparkassistenzsysteme eine neue Genauigkeitsstufe ermöglichen, mit der eine minimale Anzahl von Rangierwiederholungen, z. B. über mehrere Parkdecks hinweg, entlang enger Kurven oder durch Tunnel bis hin zum freien Parkplatz, möglich wird.		0	0	0		
16	AutoAkzept	Automation ohne Unsicherheit zur Erhöhung der Akzeptanz automatisierten und vernetzten Fahrens	BMDV	Das Ziel von AutoAkzept ist die Entwicklung von nutzerfokussierten Assistenzleistungen zur Reduktion der subjektiven Unsicherheiten der Insassen in Fahrzeugen mit automatisierten und vernetzten Systemen. Damit soll die Akzeptanz des AVF erhöht werden.		0	0	0		

Nr.	Projektkürzel	Projekttitle	Gefördert durch	Projektziel	Projektwebseite	Use Case	Technik	Sonstiges	Interessant für AETAS BAB	Anmerkung
17	AutoTruck	Vollautomatischer Verteiler-Lkw für Automatisierungszonen	BMWK	Inhalt des Vorhabens ist die Entwicklung eines Systems, mit dessen Hilfe sich Verteiler-Lkw und andere Nutzfahrzeuge in Logistikzentren sowie definierten, räumlich begrenzten Bereichen des öffentlichen Straßenraums (nachfolgend als Automatisierungszone bezeichnet) vollautomatisiert – also ohne Fahrer sicher betreiben lassen. Dabei soll der vollautomatische Betrieb an der Zufahrt zur Automatisierungszone beginnen und mit dem Verlassen enden. In dieser Zeit sind vielfältige Fahraufgaben in komplexen Umgebung zu absolvieren: Übergabe des Fahrzeugs vom Fahrer an den Leitstand bei Einfahrt in die Automatisierungszone, Abarbeiten von Transportmissionen, automatisches Abfahren von Trajektorien mit Zwischenzielen wie Parkpositionen, automatisches Andocken an Laderampen oder Nachladestationen, dynamische Anpassung der Trajektorien an die aktuelle Hindernissituation in der Automatisierungszone, Kooperation mit anderen Fahrzeugen, Übergabe des Fahrzeugs an den Fahrer bei Verlassen der Automatisierungszone. In diesem Kontext ist die Kerninnovation des Verbundvorhabens die Entwicklung und praktische Demonstration eines seriennahen, zulassungsfähigen Verteiler-Lkw, der in definierten Automatisierungszonen vollautomatisch von einem Leitstand vorgegebene Missionen ausführt (Stufe 5 der VDA Klassifizierung zum automatisierten Fahren). Für diese Kerninnovation soll der Technologie-Reifegrad von derzeit TRL 4 auf TRL 6 bis 7 (Technology Readiness Level nach Definition des BMWK) angehoben werden, indem ein System aufgebaut und demonstriert wird, das aus einem mit der notwendigen Sensor-, Ortungs- und Kommunikationstechnik ausgerüsteten Verteiler-Lkw (15 - 18 t) sowie dem übergeordneten Online-Leitstand helyOS besteht, über den sich Missionen live vorgeben lassen.	https://www.autotruck-projekt.de/index.php/ziele	2	2	0	Fahrerloser Ansatz mit Nutzfahrzeugen	Projekt seit 08/2019 abgeschlossen
18	BeIntelli	Schaufenster: KI für die Mobilität der Zukunft auf Basis von Plattformökonomie	BMDV	Das Projekt BeIntelli schafft das Schaufenster Künstliche Intelligenz (KI) für die Mobilität der Zukunft, welches im Kern fünf Ziele umfasst.		0	0	0		
19	BiDiMoVe	Bidirektional, Multimodal, Vernetzt	BMDV	Auf Basis der ganzheitlichen IVS-Strategie der Stadt Hamburg wollen die Projektpartner die Implementierung und Erprobung einer Public Key Infrastructure für den informationstechnisch sicheren Betrieb kooperierender IVS-Komponenten erreichen und so einen Piloten für zukünftige Einsatzszenarien erarbeiten. Als Anwendungsfelder dienen die Einsatzoptimierung und gesicherte Priorisierung des ÖPNV sowie die Erprobung eines Abbiegeassistenten für die Busfahrer, mit dem vor parallel querenden Radfahrern und Fußgängern gewarnt wird.		0	0	1	Verkehrssicherheit (Safety) und Sicherheit der Dienste und Daten (Security)	
20	EDDI	Elektronische Deichsel – Digitale Innovation	BMDV	Im Rahmen des Förderprojekts EDDI wurden digital vernetzte LKW-Kolonnen weiterentwickelt und im realen Straßen- und Logistikverkehr über einen längeren Zeitraum erprobt. Die Praxistauglichkeit und Systemsicherheit dieser sogenannten Platooning-Technologie standen bei dem weltweit ersten Praxis-Test für den Logistiker DB Schenker und den Hersteller MAN Truck & Bus im Vordergrund. Auf der BAB 9 zwischen München und Nürnberg wurden über 3 Monate alltägliche Straßengütertransporte in Platoons mit einem Fahrzeugabstand zwischen 15 und 21 Metern durchgeführt und daraus Erkenntnisse für einen Regeleinsatz gezogen. Die Auswirkungen auf die Berufskraftfahrer wurden durch den wissenschaftlichen Partner Hochschule Fresenius sowohl psychosozial in offenen Interviews als auch neurophysiologisch mit mobiler EEG und Eye-Tracking Messungen untersucht.		3	3	0		Projekt seit 06/2019 abgeschlossen
21	EMMI	Empathische Mensch-Maschine-Interaktion zur Erhöhung der Akzeptanz des Automatisierten Fahrens	BMWK	Ziel des Projekts ist die Entwicklung einer empathischen Mensch-Maschine-Schnittstelle, die den individuellen Nutzerzustand sowie die Verkehrssituation berücksichtigt. Durch diese soll sowohl das Vertrauen in die Automatisierung als auch der wahrgenommene Kundennutzen erhöht und somit die Technikakzeptanz gesteigert werden. Im Rahmen des Projekts werden drei konkrete Maßnahmen detailliert untersucht: Die situationsangepasste Visualisierung von Fahrzeuginformationen, der Einsatz eines intelligenten Assistenten und die Ermöglichung einer indirekten Beeinflussung des Fahrverhaltens durch den Nutzer.		0	0	0		
22	EVA-Shuttle-Busse	Elektrische, vernetzte und autonom fahrende Elektro-Mini-Busse im ÖPNV	BMDV	Die Zielsetzung des Verbundvorhabens ist die erstmalige vollständige Schließung der Mobilitätskette. Diese soll durch eine Kombination der herkömmlichen ÖPNV-Verkehrsmittel mit einer Flotte autonom agierender Elektrofahrzeuge, den EVA-Shuttles, erreicht werden. Durch die vernetzten EVA-Shuttle-Busse und die Einbindung in eine ÖPNV-Zentrale sollen Fahrtwünsche zukünftig so aufeinander abgestimmt werden, dass eine verkehrsreduzierende und klimafreundliche Wirkung auf der sogenannten „ersten und letzten Meile“ erzielt wird.		0	0	0		

Nr.	Projektkürzel	Projekttitle	Gefördert durch	Projektziel	Projektwebseite	Use Case	Technik	Sonstiges	Interessant für AETAS BAB	Anmerkung
23	FAS-VidGen	Prädiktion von Bildfolgen aus FAS-Videosequenzen	BMDV	Angesichts der überwältigenden Fortschritte im Bereich des maschinellen Lernens und der künstlichen Intelligenz – allem voran durch künstliche neuronale Netze – soll ein System zur Prädiktion visueller Beobachtungen auf Grundlage von zuvor beobachteten Bildsequenzen entwickelt werden. Die Prädiktion von Aktivitätsmustern anderer Verkehrsteilnehmer kann dann dazu genutzt werden, bestimmte Interventionsroutinen vorausschauend auszulösen oder die Aufmerksamkeit des Fahrers auf die relevanten Regionen im Sichtfeld zu lenken.		0	0	0		
24	FLOOW	Flexibles Mobilitäts- und Cargo-System für den Werksverkehr	BMWK	FLOOW verfolgt das Ziel, die Komplexität der automatisierten Fahraufgaben in diesem speziellen Anwendungsfall, des Werksverkehrs, beherrschbar und gleichzeitig wirtschaftlich umzusetzen. Dazu soll die Nutzung von hochintegrierter Low-Power Hardware im Kontext eines Mikromobilitätssystems untersucht werden. Die entwickelten Methoden sollen auf speziellen Plattformen integriert und auf einem Versuchsgelände im Flottenverbund evaluiert werden.		0	0	0	Evtl. interessant auf dem Betriebshof. Eher aber uninteressant.	speziell für Werksbereiche
25	GEWAF	Generische Entwicklungs- und Absicherungsmethodik für vernetzte und automatisierte Fahrfunktionen	BMDV	Im Rahmen des Projekts sollen Werkzeuge und Methoden entwickelt werden, die an ausgewählten Manövern auf ihre Einsatzfähigkeit hin überprüft werden. Kernstück des Vorhabens ist die enge Rückkopplung zwischen verschiedenen Stufen von Simulationen und der Einbeziehung möglichst vieler Messungen aus realen Fahrversuchen zur Bewertung und Freigabe hochautomatisierter Fahrfunktionen.		0	0	0		
26	HALC	Highway Assist with Lane Change (SAE Level 2)	BMWK	Das Ziel des Projekts ist die Untersuchung, Entwicklung und Einführung von Funktionen zur integrierten Längs- und Querverführung für automatisiertes Fahren speziell für schwere und mittlere Nutzfahrzeuge.		2	3	0	Längs- und Querverführung für automatisiertes Fahren -> Könnte interessant sein für den automatisierten Einsatz auf der Autobahn z.B. Winterdienst	Speziell für schwere und mittlere Nutzfahrzeuge. Auf Bundesautobahnen.
27	Hambach-Shuttle	Selbstfahrende Elektroshuttles zum Hambacher Schloss	BMDV	Durch Einsatz der Technologie des „Autonomen Fahrens“ soll eine positive Standortentwicklung erreicht werden, indem das Verkehrsaufkommen reduziert und die Umweltbelastung gesenkt wird. Das Projektziel soll durch den Einsatz von zunächst zwei und im Regelbetrieb von vier selbstfahrenden On-Demand-Elektroshuttles zum Hambacher Schloss erreicht werden. Strategisch ist der „Hambach-Shuttle“ der erste Meilenstein für die Einführung von „Mobility-on-Demand“ im öffentlichen Personennahverkehr in Neustadt a. d. Weinstraße.		0	0	0		
28	HEAL	Hochautomatisiert gesellschaftlich nachfrageorientiert ländlich	BMDV	Ziel des Projekts ist es, einen langfristigen und übertragbaren Beitrag für eine gesellschaftliche Teilhabe durch neue Mobilitätsangebote für die Gesundheitsversorgung im ländlichen Raum zu schaffen. Die praxisorientierte Nutzung vernetzter, automatisierter Fahrzeuge im realen Straßenverkehr soll auch Erkenntnisse mit Blick auf Verkehrssicherheit, Effizienz und Emissionsreduktion liefern. Die Analyse potenzieller Wirkungen der Digitalisierung, Automatisierung und Vernetzung im Bereich der Mobilität auf die Gesellschaft stellen weitere Schwerpunkte des HEAL-Projekts dar.		0	0	0		
29	IFAS	Insassenüberwachung in autonomen Fahrzeugen zur adaptiven Aktivierung von Sicherheitssystemen	BMWK	Das Ziel des Verbundprojekts „IFAS“ ist es, einen Prototyp zur Insassenüberwachung im Fahrzeuginnenraum zu entwickeln und zu validieren. Mithilfe von Kamera- und Radarsensoren soll das System die Position, Gesten und den Zustand von Fahrzeuginsassen erfassen sowie mögliche Gegenstände (z.B. Tablet, Smartphone) erkennen. Neben der Interpretation und Kategorisierung der gesammelten Daten soll auch ein Modell zur Risikobewertung von fahrfremden Tätigkeiten entwickelt und getestet werden.		0	0	0		
30	IMAGinE	Intelligente Manöver Automatisierung – kooperative Gefahrenvermeidung in Echtzeit	BMWK	Im Projekt IMAGinE wird die Entwicklung neuer Assistenzsysteme entlang der Prinzipien kooperativen Verhaltens erforscht. Hierdurch sollen zum einen der erforderliche wechselseitige Austausch zwischen kooperierenden Fahrzeugen technisch realisiert und zum anderen die Abstimmung und Entscheidungsfindung zwischen intelligenten Systemen sowie zwischen Mensch und Maschine dargestellt werden. Zentrale Herausforderung ist es, den Sprung vom informativen oder reagierenden Charakter heutiger isoliert agierender Assistenzsysteme hin zu kooperativen Manövern mehrerer Verkehrsteilnehmer zu realisieren.	www.imagine-online.de	1	2	0	Wechselseitiger Austausch zwischen kooperierenden Fahrzeugen. Abstimmung und Entscheidungsfindung zwischen intelligenten Systemen.	MAN: Manöverabstimmung zwischen den beteiligten Verkehrsteilnehmern unter Berücksichtigung nutzfahrzeugspezifischer Anforderungen
31	InfraRob	Maintaining integrity, performance and safety of the road infrastructure through autonomous robotized solutions and modularization	EU Horizon 2020	InfraROB ist ein von der Europäischen Union im Rahmen von Horizon 2020 finanziertes Projekt (09/2021 - 02/2025), das darauf abzielt, die Gefährdung von Mitarbeitern durch Straßenverkehr und Baumaschinen zu verringern, die Verfügbarkeit des Verkehrsnetzes zu erhöhen, die Kosten für sich wiederholende Aufgaben zu senken und die Sicherheit der Verkehrsteilnehmer zu erhöhen, indem bedeutende Fortschritte bei der Automatisierung, Robotisierung und Modularisierung des Baus, der Modernisierung und der Instandhaltung der Straßeninfrastruktur gefördert werden.	https://infrarobproject.com/	3	3		Autonome robotergestützte Maschinen für den Bau, die Erneuerung oder die (routinemäßige oder regelmäßige) Instandhaltung von Straßenbelägen.	

Nr.	Projektkürzel	Projekttitle	Gefördert durch	Projektziel	Projektwebseite	Use Case	Technik	Sonstiges	Interessant für AETAS BAB	Anmerkung
32	INITIATIVE	INtelligenTe Mensch-Technik KommunikATIOn im gemischten Verkehr	BMWK	Das Projekt verfolgt daher das Ziel eine KI-gestützte adaptive Kommunikation für die Integration automatisierter Fahrzeuge in gemischten Verkehrsszenarien zu realisieren.		0	0	0		
33	kantSaar	Kooperatives, automatisiertes Fahren im neurokognitiven Testfeld Saarland	BMDV	Die fusionierten Daten sollen Informationen liefern, die beispielsweise für die Abschätzung der Übernahmebereitschaft der Fahraufgabe durch den Fahrer verwendet werden können. Die ganzheitliche Verkehrssituationsbetrachtung soll dabei innerhalb einer cloudbasierten Lernmaschine erfolgen, um eine entsprechende Datenbank bereitzustellen.		0	0	0		
34	KI Absicherung	Methoden und Maßnahmen zur Absicherung KI-basierter Wahrnehmungsfunktionen für das automatisierte Fahren	BMWK	Ziel des Projekts KI Absicherung ist die Entwicklung und Untersuchung von Methoden und Maßnahmen für die Absicherung KI-basierter Fahrfunktionen für den Use Case Fußgängererkennung.		0	0	0		
35	KI Data Tooling	Methoden und Werkzeuge für das Generieren und Veredeln von Trainings-, Validierungs- und Absicherungsdaten für KI-Funktionen autonomer Fahrzeuge	BMWK	KI Data Tooling hat zum Ziel, die essentielle Datenbasis für KI-Systeme automatisierter Fahrfunktionen effizient und systematisch zu erweitern. In einem gesamtheitlichen Ansatz sollen Methoden und Werkzeuge entwickelt werden, um Daten optimiert zu generieren, zu veredeln und bereitzustellen. Dabei werden die Datensätze hinsichtlich ihrer Modalität (Radar-, Lidar-, Kameradaten), ihres Ursprungs (real, synthetisch und hybrid, d.h. synthetisch augmentierte Daten), ihrer Güte und der zugrundeliegenden Sensorsetups und -technologien unterschieden. Die geschaffene Datenbasis soll für alle Entwicklungsschritte von KI-Funktionen, das Training, die Validierung sowie das Testen und Absichern, zum Einsatz kommen.		0	0	0		
36	KI Delta Learning	Methoden und Werkzeuge zur effizienten Erweiterung und Transformation vorhandener KI-Module autonomer Fahrzeuge	BMWK	Ziel von KI Delta Learning ist die Entwicklung von Methoden und Werkzeugen zur effizienten Erweiterung und Transformation vorhandener KI-Module autonomer Fahrzeuge auf die Herausforderungen neuer Domänen oder komplexerer Szenarien. Im Projekt werden neue KI-Verfahren entwickelt, um bereits erworbenes Wissen optimal zu nutzen und nur die zusätzlichen Anforderungen – das Delta – mit möglichst geringem Aufwand neu lernen zu müssen. Zentrale Fragestellungen sind: Wie kann gelerntes Wissen weiter genutzt werden, auch wenn ein neuer Sensor genutzt wird? Wie kann ein KI-System mit einer neuen Umwelt zurechtkommen ohne alles von vorn zu lernen oder wie kann ein Trainingsprozess speziell für Deltas (z. B. hin zu neuen Anwendungsbereichen, neuen Umgebungen, neuen Sensorsetups) aussehen?		0	0	0		
37	KI Wissen	Entwicklung von Methoden für die Einbindung von Wissen in maschinelles Lernen	BMWK	KI Wissen geht die Herausforderung auf eine neuartige Art und Weise an und entwickelt Methoden und Tools zur Einbindung von Wissen in das maschinelle Lernen. Ziel von KI Wissen ist die Erschaffung eines umfassenden Ökosystems für die Einbindung von Wissen in das Training und die Absicherung von KI-Funktionen. Die im Projekt erzielten Ergebnisse adressieren die zentralen Problemstellungen auf dem Weg zum autonomen Fahren: die Steigerung der funktionalen Güte, die Dateneffizienz, die Plausibilisierung und die Absicherung von KI-gestützten Funktionen.		0	0	0		
38	KISSaF	KI-basierte Situationsinterpretation für das Automatisierte Fahren	BMWK	Das Projekt KISSaF setzt sich zum Ziel, eine KI-basierte Situationsprädiktion für die gesamte Szene über einen weiten Zeitraum zu entwickeln. Durch Kopplung der Prädiktion mit der Trajektorienplanung des Ego-Fahrzeugs soll die Sicherheit erhöht und das automatisierte Fahren ab SAE-Level 3 ermöglicht werden.		0	0	0		
39	KISsME	Künstliche Intelligenz zur selektiven echtzeitnahen Aufnahme von Szenarien- und Manöverdaten bei der Erprobung von hochautomatisierten Fahrzeuge	BMWK	Das Projekt KISsME hat zum Ziel, ein KI-basiertes Verfahren zu entwickeln, welches Daten, die eine besondere Relevanz für das Trainieren und Validieren von KI-Algorithmen für automatisierte Fahrfunktionen haben, eigenständig und selektiv während der automatisierten Fahrt in Echtzeit erkennt sowie auswählt. Damit können selektiv und ressourcenschonend Daten für das Trainieren und Validieren von KI-Algorithmen für das automatisierte Fahren gesammelt werden.		0	0	0		
40	KOMET	Korrektur von GNSS-Mehrwegeeffekten für die zuverlässige Eigenlokalisierung von hochautomatisierten Fahrzeugen in innerstädtischen Bereichen	BMWK	Das Ziel des Projekts ist die Entwicklung und Anwendung von innovativen Korrekturverfahren zur Reduktion von Mehrwegeeffekten bei der trägerphasenbasierten GNSS-Ortung. Die entwickelten Korrekturverfahren sollen die Genauigkeit und Robustheit der GNSS-Ortung erhöhen und somit eine zuverlässige Lokalisierung der hochautomatisierten Fahrzeuge im urbanen Raum ermöglichen.		0	0	0		

Nr.	Projektkürzel	Projekttitle	Gefördert durch	Projektziel	Projektwebseite	Use Case	Technik	Sonstiges	Interessant für AETAS BAB	Anmerkung
41	KoMoDnext	Automatisiertes Fahren im digitalen Testfeld Düsseldorf	BMDV	Das Ziel von KoMoDnext ist die Vorbereitung aus-gewählter Netzabschnitte für deren Befahrbarkeit mit automatisierten Level-4-Fahrzeugen. Dabei steht die Absicherung des automatisierten Fahrens durch die Entwicklung neuer Steuerungsverfahren unter Nutzung mobiler Sensornetze sowie durch Sicherung der Kommunikation zwischen Fahrzeug und Infrastruktur im Vordergrund. Mittels Integration standardisierter Verfahren der IT-Security sollen erstmals Serienfahrzeuge als größere Fahrzeugflotte in das mobile Sensornetzwerk eingebunden werden. Aufgrund der Komplexität bei der Automatisierung an städtischen Knoten wird eine multimodale Absicherung durch mobile Fußgänger- und Radfahrerdaten sowie durch hochauflösende stationäre Daten verfolgt. In Abhängigkeit der Verkehrs- und Umfeldsituationen kann auch die rechtzeitige Übergabe der Fahrfunktion zurück an den Fahrer zur Sicherheit des Gesamtsystems beitragen.		0	0	0		
42	LiDARshared	Vernetzter LiDAR-Bus zum sicheren autonomen Einsatz im Shared Space	BMDV	Im Rahmen des Projekts LiDARshared werden eine Infrastruktur zur adaptiven Erfassung hochauflösender LiDAR-Umgebungsdaten (LiDAR = Light Detection And Ranging – optische Umgebungsvermessung in 3D), deren Vernetzung über mehrere Verkehrsteilnehmer hinweg, sowie Künstliche Intelligenz (KI) Algorithmen zur vorausschauenden Bewertung der Verkehrssituation im Shared Space entwickelt. Dadurch werden die Grundlagen für sicheres, autonomes Fahren im Shared Space gelegt.		0	2	0	Erfassung hochauflösender LiDAR-Umgebungsdaten	
43	LINKTEST	Anpassung und Erweiterung von Testverfahren für vernetzte Luftfahrzeuge auf Testverfahren vernetzter Automobile im Straßenverkehr	BMDV	Das Projektziel besteht in der Erarbeitung von Test- und Bewertungsmethoden, um die Zuverlässigkeit und Sicherheit der für das vernetzte Fahren benötigten Datenlinks wissenschaftlich fundiert und in wirtschaftlich angemessener Weise gewährleisten zu können.		0	0	0		
44	LOGIN Hannover	Lichtsignalanlagen optimal gesteuert im Nahverkehr	BMDV	Das Projekt erforscht Ansätze zur Neugestaltung der ÖPNV-Bevorrechtigung. Die Projektpartner erarbeiten geeignete Systemkonfigurationen und setzen die erforderlichen Komponenten in den Fahrzeugen und auf der Strecke ein. Zudem soll eine Ankunftszeitprognose für eine Ankunft an der LSA kontinuierlich erzeugt werden. Die Entscheidungslogik der Signalsteuerungen ist an diese neue Form der Anmeldung anzupassen und hinsichtlich einer verlustfreien ÖPNV-Fahrt zu optimieren. Zudem soll eine Schaltzeitprognose dezentral im Steuergerät erzeugt werden. Für die neuen Funktionen sollen Analysetools entwickelt und erprobt werden. Gleichzeitig besteht der Anspruch, die neue Kommunikationstechnik in typische Systemumgebungen von Verkehrsunternehmen zu integrieren und die Möglichkeiten zum autonomen Fahren vorzubereiten.		0	0	0		
45	LUKAS	Lokales Umfeldmodell für das Kooperative, Automatisierte Fahren in komplexen Verkehrssituationen	BMWK	Das Projekt LUKAS hat zum Ziel, durch eine Vernetzung der Infrastruktur und möglichst aller Verkehrsteilnehmer die Verkehrssicherheit und –effizienz insbesondere für urbane Verkehrssituationen mit Mischverkehr zu erhöhen. Dabei soll das Potential innovativer Kommunikationstechnologie und KI-gestützter Methoden für eine Nutzung im vernetzten, automatisierten Fahren in komplexen urbanen Verkehrssituationen erforscht werden.		0	0	0		
46	MoFFa	Holistisches Modell der Aufgabenverteilung zwischen Fahrer und Fahrerassistenzsystem beim automatisierten Fahren	BMDV	Ziel des Vorhabens ist die Entwicklung, mathematische Beschreibung und Evaluation eines holistischen Modells zur Abbildung der Interaktionen und Interdependenzen zwischen dem Fahrer und dem Assistenzsystem für automatisierte und vernetzte Fahrfunktionen. Dieses Modell bildet die Grundlage, um Verfahren und Bewertungsmethoden zu entwickeln, die der Aufrechterhaltung der je nach Automatisierungsgrad notwendigen Fahreraufmerksamkeit und der Erfassung der Übernahmebereitschaft des Fahrers dienen. Die Verteilung der Aufgaben zwischen Mensch und Technik soll zudem durch einen technisch implementierten „Kordinator“ geregelt werden, der beispielsweise die Einhaltung normativ-regulativer Vorgaben überprüft.		0	0	0		Projekt seit 08/2020 abgeschlossen
47	MOSAik:D	M2M-gestützte Optimierung der Sicherheit in Arbeitsstellen kürzerer Dauer	BMDV	Das Projekt MOSAik:D zielt auf die Erhöhung der Sicherheit des Verkehrs in AKD sowie die Verbesserung des Schutzes des Baustellenpersonals mit Hilfe von M2M-Kommunikation (Mensch-zu-Maschine). Durch die Kombination moderner Kommunikations- und Ortungsmethoden sollen zum einen ankommende Fahrzeuge über Personen im unmittelbaren Gefahrenbereich des Verkehrsraums informiert werden. Zum anderen soll auch das Baustellenpersonal vor potenziellen Gefahren durch unkontrolliert herannahende Fahrzeuge gewarnt werden.		3	3	0	Optimierung der Sicherheit in Arbeitsstellen kürzerer Dauer z.B. auf Autobahnen	
48	NAIXTransit	Szenarien zu Netzkonfiguration und Organisation eines automatisierten ÖPNV am Beispiel Aachen - Studie	BMDV	Im Projekt NAIXTransit wird am Beispiel von Aachen ganzheitlich untersucht, wie sich eine zunehmende Automatisierung und Vernetzung unterschiedlicher Angebote auf Netzkonfigurationen und Betriebsformen des öffentlichen Verkehrs auswirken.		0	0	0		

Nr.	Projektkürzel	Projekttitle	Gefördert durch	Projektziel	Projektwebseite	Use Case	Technik	Sonstiges	Interessant für AETAS BAB	Anmerkung
49	progressivKI	Unterstützung der Entwicklung von effizienten und sicheren Elektroniksystemen für zukünftige KFZ-Anwendungen mit automatisierten Fahrfunktionen mittels einer modular strukturierten KI-Plattform	BMWK	Das Ziel des Vorhabens progressivKI ist die Entwicklung einer modularen Plattform KI-gestützter Methoden zur Einbindung in die Entwurfsprozesse von Mikroelektroniksystemen, wie sie in Fahrzeuganwendungen eingesetzt werden. Mittels innovativer KI-basierter Entwurfs- und Validierungsmethoden soll der Entwurfsprozess unterstützt und optimiert werden, um Elektroniksysteme effizienter, zuverlässiger und sicherer entwickeln zu können. Ein besonderes Augenmerk liegt dabei auf einer hohen Übertragbarkeit und Portabilität des neu entwickelten KI-Systems.		0	0	0		
50	Providentia	Proactive Video-Based Use of Telecommunication Technologies in Innovative Highway Scenarios	BMDV	Der Vorausblick soll zuverlässig, robust und situationsangepasst sein, und die Sicht eines individuellen Fahrers oder Fahrzeugs deutlich übertreffen, ohne den Fahrer mit zu vielen Informationen zu überfrachten. Er soll bei Tag und Nacht und auch bei widrigen Umweltverhältnissen möglich sein.		0	1	1	Testfeld Autobahn, kritische Situationen im Vorfeld erkennen	Projekt seit 12/2019 abgeschlossen
51	RADSPOT	Hochautomatisiertes und straßenschonendes Fahren auf Basis der Bodenradarsignale	BMDV	Ziel des Forschungsvorhabens ist insgesamt die Entwicklung von cloudbasierten Verkehrsdiensten zum Health-Monitoring für Verkehrswege und straßenschonenden automatisierten Fahren. Zur Einführung eines neuartigen straßenschonenden Fahrens dient der Einsatz von on-board-Bodenradarsensoren als Grundlage für eine automatische Früherkennung von drohenden Schäden in den tieferen Straßenschichten. Zugleich liefern die Radargramme nützliche Information zur weiteren Lokalisation.		3	3	0	Einsatz von on-board-Bodenradarsensoren als Grundlage für eine automatische Früherkennung von drohenden Schäden in den tieferen Straßenschichten	
52	Ride4All	Entwicklung eines integrierten und inklusiven Verkehrssystems für autonom fahrende Busse	BMDV	In Ride4All sollen automatisiert fahrende Busse in den Regelbetrieb des bestehenden ÖPNV-Systems der Regionalverkehr Ruhr-Lippe GmbH integriert werden. Darauf aufbauend soll im Schwerpunkt die inklusive Nutzung und barrierefreie Bedienung autonom fahrender Busse für Jedermann im „Design for All“ entwickelt, konzeptionell erfasst und evaluiert werden.		0	0	0		
53	RoSSHAF	Robustheit von Sensoren und Sensorsystemen gegenüber Umweltbedingungen für HochAutomatisiertes Fahren	BMWK	Das Ziel des Projekts ist die Robustheit von Sensoren und Sensorsystemen gegenüber Umweltbedingungen zu erhöhen und somit auch bei widrigen Umwelteinflüssen die sichere Nutzung von automatisierten Fahrfunktionen zu ermöglichen.		1	3	0	Robustheit von Sensoren und Sensorsystemen gegenüber Umwelteinflüsse erhöhen -> Interessant für Winterdienst	
54	RUMBA	Realisierung einer positiven User Experience Mittels Benutzerfreundlicher Ausgestaltung des Innenraums für Automatisierte Fahrfunktionen	BMWK	Das Ziel des Projekts ist die Entwicklung und Implementierung adaptiver Innenraum- und Interaktionskonzepte (Bedienelemente, Sitzpositionen und HMI-Konzepte) inklusive eines neuartigen, auf Steer-by-Wire basierenden Konzeptes zur Fahrzeugführung, welches Quer- und Längsführung in einem Bedienelement vereint. Die Konzepte werden kontinuierlich in Bezug auf die User und Customer Experience, insbesondere hinsichtlich Ergonomie, Raumgefühl, Fahr- und Insassenkomfort sowie Systemvertrauen evaluiert.		0	0	0		
55	SAFE20	Sicheres autonomes Fahren und Erprobung in Automatisierungszonen mit mindestens 20 km/h	BMWK	Ziel des Vorhabens ist es, ein Sicherheitskonzept zu entwickeln und umzusetzen, das erstmalig einen Regelbetrieb von vollautomatischen Fahrzeugen auf Betriebshöfen mit mindestens 20 km/h im Mischbetrieb erlaubt. Konkret sollen rechtlich belastbare, sicherheitsorientierte Anforderungen an das Gesamtsystem, bestehend aus Fahrzeug und einer hofseitigen Automatisierungszone, sowie für die verwendeten Technologien (z.B. Sensoren, Aktuatoren, Steuergeräte, Software und Algorithmen) erarbeitet werden.		3	3	0	Regelbetrieb von vollautomatischen Fahrzeugen mit mindestens 20 km/h im Mischbetrieb.	Nur auf Betriebshöfe
56	SafeADArchitect	Entwicklung einer risikosensitiven Gesamtsystemarchitektur und echtzeitfähiger Methoden zur Absicherung von Automatisierten Fahrzeugen	BMWK	Ziel des Vorhabens ist es, Methoden und Ansätze zu entwickeln, um autonome Fahrzeuge insbesondere für den urbanen Verkehr abzusichern. Die Absicherung soll dabei nicht durch Redundanzen, sondern durch eine risikosensitive Gesamtsystemarchitektur erreicht werden, welche Unsicherheiten auf allen Fahrzeugebenen zulässt sowie notwendige Absicherungsmaßnahmen und -ebenen vorsieht. Wichtige Teilaspekte dieser Entwicklung sind die Risiko abschätzung, -überwachung und -minimierung.		1	3	0	Absicherung nicht durch Redundanzen sondern sondern durch eine risikosensitive Gesamtsystemarchitektur, welche Unsicherheiten auf allen Fahrzeugebenen zulässt sowie notwendige Absicherungsmaßnahmen und -ebenen vorsieht --> Kostenersparnis	
57	SAFEAI	Autonomes Fahren bei mobilen Arbeitsmaschinen - Aspekte funktionaler Sicherheit unter Einbezug leistungsfähiger KI Methoden	BMWK	Das Projekt SAFEAI hat zum Ziel, automatisierte Fahrfunktionen von Nutzfahrzeugen - hier im Projekt konkret Arbeitsmaschinen - unter Berücksichtigung der besonderen Anforderungen zur funktionalen Absicherung hin zu höheren Automatisierungsgraden weiterentwickeln. Funktional wird dabei der vermehrte Einsatz von KI-Algorithmen berücksichtigt.		3	3	0	Explizit für Nutzfahrzeuge bzw. Arbeitsmaschinen; Automatisierungsgrad erhöhen mit Berücksichtigung der Anforderungen für die funktionale Sicherheit	

Nr.	Projektkürzel	Projekttitle	Gefördert durch	Projektziel	Projektwebseite	Use Case	Technik	Sonstiges	Interessant für AETAS BAB	Anmerkung
58	SAVe	Funktions- und Verkehrssicherheit im Automatisierten und Vernetzten Fahren	BMDV	Ziel des Projekts „SAVe:“ ist die methodische Entwicklung von kombinierter virtueller und physischer Absicherung von Verkehrsszenarien, vor allem im urbanen Umfeld, um eine gesamthafte Basis für die zukünftigen Fahrzeug- und Verkehrsinfrastrukturentwicklungen zu schaffen. Dabei stellt die konzeptionelle Schaffung und Umsetzung eines „multifunktionalen virtuellen Regionsmodells“ als virtuelles Testfeld eine zentrale IT-Einheit dar, die den urbanen Raum digital anhand geometrischer, statischer, aber insbesondere auch dynamischer Daten abbildet.		0	0	0		
59	SAVeNoW	Funktions- und Verkehrs-Sicherheit für Automatisierte und Vernetzte Mobilität – Nutzen für die Gesellschaft und oekologische Wirkung	BMDV	Ziel von SAVeNoW ist die Erforschung, Entwicklung und Erprobung eines komplementären und synchronisierten digitalen und virtuellen Testfeldes. Der reale und der virtuelle Teil werden durch eine serviceorientierte IT- und Dateninfrastruktur sowie durch den Einsatz von offenen und harmonisierten Daten- und Simulationsstandards miteinander verbunden und bilden damit einen Digitalen Zwilling. Es wird ein standardisiertes, ganzheitliches sowie nachhaltig betreibbares Simulationsmodell für verschiedene Anwendungsfälle und Zielgruppen geschaffen, das permanent durch unterschiedlichste Echtzeitdaten angereichert und aktualisiert werden kann. Das im Forschungsprojekt SAVe: bereits prototypisch entwickelte Werkzeugset und die entsprechende Referenzarchitektur für die virtuelle Entwicklung, Verifikation und Validierung von hochautomatisierter und vernetzter Mobilität werden skaliert und operationalisiert. Mit dem gesellschaftlich akzeptierten Gesamtwerkzeug des digitalen Zwillings können wesentliche, komplexe Fragestellungen der urbanen Mobilität einer Lösung zugeführt werden.		0	0	0		
60	SEMULIN	Selbstunterstützende Multimodale Interaktion	BMWK	Das Ziel des Projekts ist es, ein natürliches und widerspruchsfreies Human-Machine-Interface für automatisierte Fahrzeuge (Level 4 und 5, mit Übergängen zu Level 3) zu entwickeln. Dabei bedient sich das System multimodaler Ein- und Ausgabekonzepte, die eine ganzheitliche, natürliche und effiziente Kommunikation ermöglichen. Die von verschiedenen Sensoren aufgenommenen Daten sollen semantisch interpretiert und in den Kontext eingebettet werden können. Das entwickelte System soll sich zudem durch kontinuierliche Beobachtung und Interpretation eigenständig an die Bedürfnisse seiner Nutzer anpassen.		0	0	0		
61	SituWare	Erfassung des Fahrersituationsbewusstseins für adaptive kooperative Übergabestrategien beim hochautomatisierten Fahren	BMWK	Das Ziel des Verbundprojekts „SituWare“ ist die Erforschung und Entwicklung eines Systems zur Erfassung und Modellierung des Fahrersituationsbewusstseins. Mithilfe dieser Information sollen durch adaptive Interaktionsstrategien sowohl die Übergabeszenarien optimiert als auch das Automationsverhalten des Fahrzeugs angepasst werden. Dadurch soll die Zeit und Qualität der Übergabe verbessert und die Akzeptanz der Fahrzeugautomation gesteigert werden.		0	0	1	Übergabeszenario zwischen Fahrzeug und Fahrer zwischen Automatisierungsstufen 3 und 4.	
62	SmartFleet	Autonome Nutzfahrzeuge für den sicheren und effizienten Flughafeneinsatz	BMWK	Ziel des Projekts ist es, vollautomatisierte Fahrzeuge der Geräteklasse Gepäckschlepper und Kehrblasgeräte für den luftseitigen Einsatz am Flughafen zu entwickeln und unter realen Bedingungen, mit all seinen kritischen Prozessen und Situationen zu erproben. Damit soll den steigenden und dynamischen sowie umwelttechnischen Anforderungen im internationalen Fluggeschäft gerecht werden. Besonders herausfordernd ist neben dem Ansatz, die Fahrzeugautomatisierung auch unter besonderen Verkehrsbedingungen und widrigen Wetterbedingungen zu realisieren, die technische und organisatorische Einbindung der Fahrzeuge in die üblichen, flughafenseitigen Prozessabläufe.		3	3	0	Fahrzeugautomatisierung auch unter besonderen Verkehrsbedingungen und widrigen Wetterbedingungen.	Beschränkt sich auf den Einsatz von Gepäckschleppern und Kehrblasgeräte auf Flughäfen.
63	SynCoPark	Synergien aus Kooperation und Standardisierung im herstellerunabhängigen automatisierten Parken	BMDV	Mit der Umsetzung des Vorhabens sollen Grundlagen für Standards zur Qualifizierung und Zertifizierung von Parkhausinfrastrukturen und Fahrzeugfunktionalitäten für das automatisierte Parken in Parkhäusern geschaffen werden. Die Standards sollen von allen Fahrzeugherstellern, Infrastrukturdienstleistern und Parkhausbetreibern sowie bei Nachrüstlösungen für bereits existierende Parkhäuser nutzbar sein. Zudem werden auch rechtliche Fragestellungen betrachtet und im Rahmen einer Geschäftsfeld- und Geschäftsmodellentwicklung neue wirtschaftliche Perspektiven untersucht.		0	0	0		
64	UNICARagil	Disruptive modulare Architektur für agile automatisierte Fahrzeugkonzepte	BMBF	Neue Architekturen in Software und Hardware zur Gestaltung der autonomen Mobilität der Zukunft. Entwicklung von vier vollautomatisierten und fahrerlosen Fahrzeugen.		1	1	0	Leitwarte als Überwacher, Sensormodule zur ausfallsicheren Umgebungswahrnehmung	
65	ViVre	Vernetzung virtualisierter Verkehrsinfrastrukturen und automatisierter Fahrfunktionen für nachhaltige Mobilitätslösungen	BMDV	Ziel des Projekts ViVre ist die Vernetzung virtualisierter Verkehrsinfrastrukturen und automatisierter Fahrfunktionen für zentrale Verkehrsknoten, um damit Bausteine für innovative und nachhaltige Mobilitätslösungen zu entwickeln. Insbesondere werden Konzepte für neue virtuelle Haltestellen erarbeitet, im Straßenverkehr umgesetzt und evaluiert. Dabei werden neue Funktionen automatisierter vernetzter Fahrzeuge und virtualisierter Infrastruktur entwickelt.		0	0	0		

Nr.	Projektkürzel	Projekttitle	Gefördert durch	Projektziel	Projektwebseite	Use Case	Technik	Sonstiges	Interessant für AETAS BAB	Anmerkung
66	VVMethoden	Verifikations- und Validierungsmethoden automatisierter Fahrzeuge Level 4 und 5	BMWK	Ziel des Projekts VVMethoden ist die Entwicklung von Methoden für den Sicherheitsnachweis hochautomatisierter und autonomer Fahrfunktionen für die Homologation zukünftiger L4- und L5-Fahrzeuge. Dies geschieht am komplexen Anwendungsfall urbane Kreuzung. Das Projekt erweitert den datengetriebenen State-of-the-Art- Ansatz zur Identifikation relevanter Szenarien um analytische Methoden. Neu ist die integrierte Betrachtung von Entwicklungsprozess und Sicherheitsnachweis. Durch VVMethoden soll es ermöglicht werden, die effiziente Testbarkeit von Anfang an in die Entwicklung von L4/L5-Systemen einzubeziehen und relevante Kosten- und Zeitersparnisse zu realisieren.		0	0	1	Homologation	
67	ZobaS	Zonenbasierte, Serviceorientierte Fahrzeug-EE-Architektur als Enabler für das automatisierte Fahren	BMWK	Ziel des Projekts ist die Entwicklung einer zonenbasierten, serviceorientierten Fahrzeug-EE Architektur. Diese soll den steigenden Anforderungen an die Signalverarbeitung gerecht werden sowie eine signifikante Gewichtseinsparung des Kabelbaums ermöglichen.		0	0	0		

Anhang 2: Factsheets

Factsheet Nr. 01

„Semi Autonomous Road Maintenance Truck“ von Arctic (Aebi Schmidt Group)

Kenndaten

<i>Einsatzbereich:</i>	öffentliche Straßen
<i>Technik:</i>	Radar, Thermalkamera, 3D-Kamera, GPS
<i>Jahr:</i>	2018
<i>Land:</i>	Finnland

Produktreife

Das Fahrzeug wurde auf einer Teststrecke in Finnland (Aurora intelligent road, Muonio Highway 21) bei unterschiedlichen Witterungsbedingungen gefahren.

Über konkrete Anwendungsfälle, auch außerhalb Finnlands, ist Stand Juni 2021 nichts bekannt. Ebenso ist nicht bekannt, ob der „Semi Autonomous Road Maintenance Truck“ in Zukunft beim Hersteller zu kaufen sein wird.

Funktionsbeschreibung

Das zur Aebi Schmidt Group gehörende, finnische Unternehmen Arctic hat ein teilautonomes Winterdienstfahrzeug entwickelt, welches 2018 im Rahmen des Forschungsprojekts Infra Challenge entwickelt und getestet wurde. Als Basis dient dabei ein Lkw von Volvo, welcher mit einem autonom agierenden Seitenpflug und einem ebenfalls autonomen Streumechanismus ausgestattet ist.

Die maßgebliche Sensorik, auf deren Grundlage das System autonome Entscheidungen zu den Pflug- und Streueinstellungen trifft, besteht aus einem Radar, einer Thermalkamera und einer 3D-Kamera. Mit dem Radar können metallische Objekte, wie zum Beispiel Schutzplanken, unabhängig der Witterungsbedingungen über eine große Distanz erkannt werden. Das funktioniert auch dann, wenn diese von Schnee bedeckt sind. Um Personen und Tiere zu erkennen, wird eine Thermalkamera verwendet, deren Funktion aber durch Niederschlag beeinträchtigt wird. Die 3D-Kamera dient der Computer Vision (maschinelles Sehen). Mit Hilfe dieser speziellen Kamera können Entfernungen von Objekten, Fahrzeugen, Menschen und Tieren ermittelt werden. Die Erkennung mittels 3D-Kamera ist allerdings nur über eine kurze Distanz möglich. Arctic stellt zudem Anforderungen an sogenannte HD-Maps (High Definition Maps). Diese müssen die Fahrstreifenmarkierung als Mittellinie und Fahrbahnbegrenzungslinie, Busbuchten und andere Fahrbahnverbreiterungen sowie Verkehrszeichen als RTK-Daten (Real Time Kinematic) beinhalten.

Echtzeit-Informationen über Wetter und Straßenzustand werden an das Fahrzeug mittels eines Cloud-Dienstes des Unternehmens „infoTripla“ gesendet. Dadurch wird eine sogenannte „AM2X“-Kommunikation in beide Richtungen ermöglicht, also Informationen von der Umwelt werden an das Fahrzeug gesendet und vom Fahrzeug an die Umwelt, bzw. das Cloud-System. (AM2X in Anlehnung an Car2X, AM bedeutet an dieser Stelle „Arctic Machine“, was der frühere Name des Unternehmens war)

Getestet wurde der „Semi Autonomous Road Maintenance Truck“ auf der Aurora intelligent road, die Teil des Highway 21 bei Muonio ist und sich im Nordwesten Finnlands befindet. Die Teststrecke ist mit diverser Sensorik ausgestattet und ermöglicht Hochgeschwindigkeits-Datenkommunikation.

Quellen

Tervamäki, Petteri (2020): The Development of autonomous road maintenance, URL: <https://www.tieyhdistys.fi/tieyhdistys-ry/tapahtumat/esitelmat/winter-road-congress-12-13.2.2020/>, abgerufen am 24.06.2021.

Arctic (2020): WINTER ROAD CONGRESS 2020, URL: <https://arcticmachine.kuvat.fi/kuvat/Winter+Road+Congress+2020/>, abgerufen am 24.06.2021.

Kontakt – Arctic

Website:	https://www.arcticmachine.fi/en/
Ansprechpartner:	-
E-Mail:	am@aebi-schmidt.com
Telefon:	+358 (0)20 7791 500

Factsheet Nr. 02

„Smart Sweeping“ von Autowise.ai

Kenndaten

<i>Einsatzbereich:</i>	kommunale Straßen, Hochstraßen
<i>Technik:</i>	Lidar, mm-Wave Radar, Ultraschall-Radar, Kameras, SLAM
<i>Jahr:</i>	seit 2017
<i>Land:</i>	China/Deutschland

Produktreife

In China sind bereits in mehreren Städten (z.B. Shanghai, Peking und Suzhou) Flotten von autonomen Kehrmaschinen auf Werksflächen sowie auf öffentlichen Teststrecken im Straßenverkehr im Einsatz. Die Flottenstärke für das Beispiel Suzhou beträgt laut Autowise.ai 30 Fahrzeuge. In Deutschland wird auf dem Gelände des Recycling-Unternehmens ALBA in Wilhelmshaven eine autonome Kehrmaschine von Autowise.ai eingesetzt, die sich eigenständig in ihrer Umwelt orientiert, zu kehrende Flächen definiert und schließlich möglichst effizient reinigt.

Funktionsbeschreibung

Das Unternehmen Autowise.ai mit Sitz in Shanghai bietet Kehrfahrzeuge unterschiedlicher Größe an, deren Einsatzgebiete von Gehwegen über abgeschlossene Werksgelände bis hin zu größeren Stadtstraßen reichen. Die Fahrzeuge erkennen dabei Lichtsignalanlagen, Verkehrszeichen und Fahrbahnmarkierung mittels der verbauten Sensorik automatisch. Gleichzeitig werden Radfahrer, Fußgänger, vorausfahrende Fahrzeuge und andere Hindernisse erfasst. Statische Hindernisse können von den Fahrzeugen eigenständig umfahren werden. Zudem wird im Notfall eine automatische Notbremsung eingeleitet. Laut dem Hersteller kommen die Fahrzeuge in diesem Fall kontrolliert am Fahrbahnrand zum Stehen.

Die verbaute Sensorik umfasst Lidar, Millimeter-Wave Radar, Ultraschall-Radar sowie Kameras. Zudem kommt das SLAM-Verfahren (Simultaneous Localization and Mapping) zum Einsatz. Bei diesem Verfahren erstellt das Fahrzeug während des Betriebs eine Karte der Umgebung, um dann die eigene Position darin abzuschätzen. So kann die Software analysieren, welche Flächen gesäubert wurden und wo sich Hindernisse befinden. Diese Technik erlaubt es, nicht auf GPS angewiesen zu sein.

In Shanghai wurde Autowise.ai der Probetrieb auf Stadt- und Hochstraßen erlaubt und das Unternehmen liefert die Flotten für mehrere Projekte von autonomer Straßenreinigung in chinesischen Städten. In Deutschland ist auf dem Gelände der ALBA Group in Wilhelmshaven das Modell RUIQING im Einsatz.

Quellen

ALBA Group [Hrsg.] (2019): Zukunftstechnologie in der Probezeit, URL:
<https://inside.albagroup.de/zukunftstechnologie-in-der-probezeit/>, abgerufen am 21.06.2021.

Autowise.ai [Hrsg.] (2021): Smarter driving technology, better urban life, URL:
<https://www.autowise.ai/#first-page>, abgerufen am 21.06.2021.

Roy, Rahul Dutta (2020): Making Driverless Street Sweepers A Reality on Three Continents – China’s Autowise.ai, URL: <https://www.autofutures.tv/2020/09/08/making-driverless-street-sweepers-a-reality-on-three-continents-chinas-autowise-ai/>, abgerufen am 21.06.2021.

Kontakt – Autowise.ai

Website: <http://www.autowise.ai/>
Ansprechpartner: -
E-Mail: info@autowise.ai
Telefon: 021–37891028

Factsheet Nr. 03

„Urban-Sweeper S2.0 Autonomous“ von Boschung

Kenndaten

<i>Einsatzbereich:</i>	kommunale Straßen Flugbetriebsflächen
<i>Technik:</i>	Lidar, Kameras, Millimeter- Wave Radar, GNSS
<i>Jahr:</i>	2020
<i>Land:</i>	Schweiz/China

Produktreife

Die autonome Kehrmaschine wurde im Juni 2020 offiziell von Boschung und Autowise.ai vorgestellt. Seitdem wurde jedoch nichts Weiteres über den Urban-Sweeper S2.0 Autonomous berichtet. Es sind keine Einsatzfälle bekannt, auch nicht, ob das Fahrzeug schon zum Kauf verfügbar oder vorbestellbar ist.

Funktionsbeschreibung

Der „Urban-Sweeper S2.0 Autonomous“ ist eine autonom fahrende, elektrische Kehrmaschine, die laut dem Hersteller Boschung neben abgeschlossenen Gebieten, wie z.B. Flugbetriebsflächen, auch auf öffentlichen Verkehrsflächen eingesetzt werden kann. Nach dem Ausführen spezifischer Reinigungsaufträge kehrt das Fahrzeug automatisch zu Basis zurück, wo es für den nächsten Einsatz wieder aufgeladen wird. Es soll eine maximale Einsatzzeit von acht Stunden erreicht werden können.

Als Software kommt „WIBOT“ zum Einsatz. Die Software ist eine gemeinsame Entwicklung des Unternehmens Boschung aus der Schweiz und Autowise.ai aus China. „WIBOT“ dient zur Erkennung von Schmutz und Abfällen auf der Fahrbahn und zur Ausführung der Lenkvorgänge. Zur Umfelderkennung (360°) werden Lidar- und Millimeter-Wave Radar-Sensoren sowie Kameras verwendet. Für die präzise Standortbestimmung des Fahrzeugs dient ein globales Navigationssatellitensystem (GNSS). Diese Spezifikationen erlauben laut dem Hersteller einen Betrieb der Kehrmaschine gemäß SAE Level 5. Das Fahrzeug besitzt dennoch auf beiden Seiten einen Notausschalter, um im Notfall auch von außen eingreifen zu können.

Quellen

Boschung (2020): Boschung unveils fully autonomous street sweeper: Urban-Sweeper S2.0 driven by WIBOT, URL: <https://www.boschung.com/news/?s=wibot-30-06-20>, abgerufen am 21.06.2021.

Boschung (2021): Products - Urban-Sweeper S2.0 Autonomous, URL: <https://www.boschung.com/product/urban-sweeper-s2-0-autonomous>, abgerufen am 21.06.2021.

Kontakt – Boschung

Website: <https://www.boschung.com/>
Ansprechpartner: -
E-Mail: -
Telefon: -

Factsheet Nr. 04

„Autonomous Impact Protection Vehicle“ (AIPV)

von Colas UK und Royal Truck & Equipment (RT&E)

Kenndaten

<i>Einsatzbereich:</i>	Autobahnen Landstraßen mit höherer Geschwindigkeit
<i>Technik:</i>	Radar, GPS
<i>Jahr:</i>	2017
<i>Land:</i>	USA/United Kingdom

Produktreife

Das AIPV wurde mit Unterstützung des Colorado Department of Transportation entwickelt und anschließend unter realen Bedingungen getestet. Mittlerweile haben auch andere US-Bundesstaaten Testprojekte begonnen und mehrere AIPV auf die Straßen der USA gebracht.

Funktionsbeschreibung

Das „Autonomous Impact Protection Vehicle“ (AIPV) ist ein autonomes Absperrfahrzeug, welches den Zweck hat, ein vorausfahrendes Fahrzeug des Straßenbetriebsdienstes vor einem Aufprall durch Dritte zu schützen. So soll die Anzahl von Unfällen mit verletzten Fahrern reduziert werden, zum Schutz des Fahrers des aufprallenden Fahrzeugs ist zusätzlich eine Dämpfungsvorrichtung montiert. Neben Colas UK und RT&E waren außerdem noch Micro Systems Inc., Kratos Defense und das Colorado Department of Transportation (CDOT) an der Entwicklung beteiligt.

Das Fahrzeug operiert in Kombination mit dem vorausfahrenden Fahrzeug in einer Leader-Follower-Funktionsweise, dabei kann das Follower-Fahrzeug, also das AIPV, ständig vom Leader-Fahrzeug überwacht werden. Das Leader-Fahrzeug sendet in bestimmten Intervallen Daten mittels Funk an das AIPV aus, die den genauen GPS-Standort, die gefahrene Geschwindigkeit und die Trajektorie beinhalten. Zwischen dem Leader- und dem Follower-Fahrzeug liegen während des Betriebs dauerhaft zehn solcher Punkte. Um zusätzlich auf bewegliche Hindernisse zu reagieren, die zwischen das Leader- und das Follower-Fahrzeug auf den Fahrstreifen gelangen, ist das AIPV mit einem Radar ausgestattet. In solchen Ausnahmefällen oder bei einer technischen Störung leitet das AIPV eine automatische Notbremsung ein. Um dann wieder den autonomen Betrieb zu starten, bedarf es eines menschlichen Eingriffs. Wendemanöver werden ebenfalls manuell durchgeführt. Die Funkverbindung ist aufgrund unterschiedlicher Frequenzen redundant, somit soll das AIPV in jeder Situation auch vom Leader-Fahrzeug aus zum Stopp gebracht werden können.

Mit der Technologie für das Leader-Fahrzeug können alle vorhandenen Fahrzeuge ausgestattet werden, nur das Follower-Fahrzeug muss das AIPV von Colas UK und RT&E sein. In Zukunft soll das AIPV auch als Dedicated Short Range Communication Roadside Unit (DSRC RSU) eingesetzt werden können und dadurch Teil von C2X (Car-to-everything) werden.

Quellen

Colas UK (2017): Colas and US Partners Global Launch of First Autonomous Road Safety Vehicle, URL: <https://www.colas.co.uk/colas-news/colas-and-us-partners-global-launch-of-first-autonomous-road-safety-vehicle/>, abgerufen am 22.06.2021.

Colorado Department of Transportation (2017): Demonstration of World's First Self-Driving Work Zone Vehicle [Video], YouTube, URL: <https://www.youtube.com/-watch?v=N-GkbFXq3Ts>

Royal Truck & Equipment Inc. (o. J.): Royal Truck & Equipment - Autonomous, URL: <https://royaltruckandequipment.com/autonomous/>, abgerufen am 22.06.2021.

Kontakt – Colas UK

Website: <https://www.colas.co.uk/>
Ansprechpartner: -
E-Mail: info@colas.co.uk
Telefon: +44 (0) 1342 711 000

Kontakt – Royal Truck & Equipment Inc.

Website: <https://royaltruckandequipment.com>
Ansprechpartner: -
E-Mail: sales@royaltruckequip.com
Telefon: +1 855 202 7129

Factsheet Nr. 05

„AXYARD“ von Daimler Truck AG

Kenndaten

<i>Einsatzbereich:</i>	Flugbetriebsflächen
<i>Technik:</i>	Differenzial-GPS, restliche Sensorik unbekannt
<i>Jahr:</i>	seit 2017
<i>Land:</i>	Deutschland

Produktreife

Die Daimler Truck AG testet das gemeinsam mit Aebi Schmidt entwickelte Winterdienstfahrzeug auf dem Testzentrum Immenzingen, wo es bei Schneefall täglich eingesetzt wird. Ob bzw. wann dieses oder ähnliche Fahrzeuge verfügbar sind, ist nicht bekannt. Aebi Schmidt gibt jedoch an, dass keine Standard-systeme verkauft werden, sondern nur Systeme, die an die einsatzspezifischen Bedingungen angepasst sind.

Funktionsbeschreibung

Die AXYARD-Technologie zum automatisierten Schneeräumen von abgeschlossenen, nicht öffentlichen Verkehrsflächen ermöglicht einen fahrerlosen Betrieb. Weitere Anwendungen von AXYARD finden sich in der Landwirtschaft und der Logistik.

Gestartet als Pilotprojekt im Jahr 2017, sind nun auf dem Testzentrum Immenzingen täglich zwei selbstfahrende Mercedes-Benz Arocs im Einsatz, um bei Bedarf auf 20 Hektar den Schnee zu räumen. Dabei werden sie von Fachpersonal überwacht. Die Abstimmung zwischen Fahrzeug, Software und Geräten wurde in Kooperation mit Aebi Schmidt erarbeitet. Diverse Sensoren und Steuergeräte sammeln Daten, die verarbeitet und in einem Intervall von 0,1 Sekunden zur Überwachung an das Leitsystem übermittelt werden. Über das hochpräzise Differenzial-GPS (DGPS) kann die Fahrspur zentimetergenau festgelegt und eine vordefinierte Route abgefahren werden. Für die Bedienung der Fahrzeugfunktionen aus der Ferne verfügen die Fahrzeuge über ein Remote Truck Interface (RTI). Mittels C2C-Kommunikation (car-to-car) ist eine automatisierte Koordinierung der Fahrzeuge untereinander möglich.

Aebi Schmidt verfolgt bei dem Projekt einen dreistufigen Ansatz. Begonnen wurde mit Fahrerassistenzsystemen, die einen Fahrer beispielsweise auf Routenabweichungen hinweisen. Im zweiten Schritt folgt die Automatisierung. Sie ermöglicht Eingriffe in das Fahrverhalten über längere Zeiträume und eine automatisierte Steuerung der angebauten Maschinen, wie Pflug oder Kehrwalze. Der letzte Schritt sind autonome (Flotten-)Einsätze, bei denen aus einer Kommandozentrale Arbeitsaufträge an einzelne Fahrzeuge oder die gesamte Flotte verteilt werden. Der Auftrag wird von den Fahrzeugen dann autonom ausgeführt.

Quellen

Aebi Schmidt Group (o. J.) : Autonome Einsätze auf Flughäfen, URL: https://www.aebi-schmidt.com/CMS/solutions/next-generation/aebischmidt_autonomes_fahren_de_Flyer_web.pdf

Aebi Schmidt Group (2021) : Autonome Einsätze am Flughafen: die Zukunft ist heute schon angekommen, URL: <https://blog-de.aebi-schmidt.com/2021/02/26/autonome-einsaetze-am-flughafen-die-zukunft-ist-heute-schon-angekommen/>, abgerufen am 23.03.2021.

Daimler (2021) : Automatisierte Schneeräumung: Vom Projekt zum Produkt: Lab1886 und Daimler Trucks automatisieren mit AXYARD den Betrieb von Nutzfahrzeugen, URL: <https://media.daimler.com/marsMediaSite/de/instance/ko/Automatisierte-Schneeraeumung-Vom-Projekt-zum-Produkt-Lab1886-und-Daimler-Trucks-automatisieren-mit-AXYARD-den-Betrieb-von-Nutzfahrzeugeen.xhtml?oid=45702832>, abgerufen am 23.06.2021.

Kontakt – Daimler Truck AG

Website: <https://www.daimler-truck.com/de/>
Ansprechpartner: Alexandros Mitropoulos
E-Mail: alexandros.mitropoulos@daimler.com
Telefon: +49 711 17-77868

Kontakt – Aebi Schmidt Group

Website: <https://www.aebi-schmidt.com/de/>
Ansprechpartner: -
E-Mail: marketing@aebi-schmidt.com
Telefon: +41 44 308 58 00 +49 76 72 412 0

Factsheet Nr. 06

„Hands Free Hectare“ von Harper Adams University

Kenndaten

<i>Einsatzbereich:</i>	Landwirtschaft
<i>Technik:</i>	C2C, GPS, Sensorik unbekannt
<i>Jahr:</i>	seit 2016
<i>Land:</i>	UK

Produktreife

Das Projekt ist auf einer Fläche von einem Hektar gestartet und wird nun auf einer 35 Hektar umfassenden Farm weitergeführt. Es wird kontinuierlich neue Technik getestet und eine Vielzahl verschiedener Fahrzeuge eingesetzt. In den nächsten Jahren wird weiter an der vollständigen Automatisierung der Landwirtschaft gearbeitet.

Funktionsbeschreibung

„Hands Free Hectare“ war ein Projekt zur Erforschung, Entwicklung und Anwendung von sogenanntem Precision Farming, bei dem ausschließlich Drohnen und autonome Nutzfahrzeuge zum Einsatz kommen. Es handelt sich dabei um das erste Projekt, bei dem von der Vorbereitung des Ackers bis zur Ernte alle Schritte nur von Maschinen ausgeführt wurden, also ohne dass ein Mensch das ein Hektar große Feld betreten musste. Das Projekt wird seit 2019 unter dem Namen „Hands Free Farm“ auf einer insgesamt 35 Hektar großen, aus mehreren einzelnen Feldern bestehenden Fläche fortgeführt.

Die eingesetzten Fahrzeuge und landwirtschaftlichen Maschinen können während der Ausführung ihrer Aufgaben mittels C2C kommunizieren und so auch Arbeiten erledigen, die zwei nebeneinander herfahrende Fahrzeuge voraussetzen. Welche Sensorik, neben hochpräzisem GPS, dabei verwendet wird, ist nicht bekannt.

In Zukunft soll das Flottenmanagement weiter erforscht werden, ebenso wie das autonome Navigieren vom Hof zum Feld über Wirtschaftswege, auf denen es zur Begegnung mit anderen Maschinen oder Menschen kommt.

Quellen

DESIRA – Digitisation: Economic and Social Impacts in Rural Areas (2020) : Practice Abstracts: Agriculture, Auf den Seiten von DESIRA, URL: https://desira2020.eu/wp-content/uploads/2020/11/4_HUTTON_HandsFreeHectare_fv.pdf, abgerufen am 24.06.2021.

Harper Adams University (2019) : Hands Free Hectare broadens out to 35-hectare farm, URL: <https://www.harper-adams.ac.uk/news/203368/hands-free-hectare-broadens-out-to-35hectare-farm>, abgerufen am 24.06.2021.

Kontakt – Harper Adams University

Website: <https://www.harper-adams.ac.uk/>
Ansprechpartner: Jonathan Gill
E-Mail: -
Telefon: +44 (0) 1952 815182 +44 (0) 1952 820280

Factsheet Nr. 07

„BoniRob“ von der Hochschule Osnabrück

Kenndaten

<i>Einsatzbereich:</i>	Landwirtschaft
<i>Technik:</i>	SLAM, RTK, Laser- Abstandssensoren, 3D- Kameras, Farbkameras und Spectral Imaging
<i>Jahr:</i>	seit 2008
<i>Land:</i>	Deutschland

Produktreife

BoniRob wurde im Rahmen eines Forschungsprojekts ab 2008 entwickelt. Seitdem wird die Software kontinuierlich weiterentwickelt. Mittlerweile wird außerdem die Kommunikation mit einer Drohne ermöglicht, die das Feld aus der Luft aufnimmt.

Funktionsbeschreibung

BoniRob ist ein autonom fahrender Landwirtschaftsroboter, der von der Hochschule Osnabrück in Kooperation mit der Bosch GmbH und der Amazonen-Werke H. Dreyer SE & Co. KG entwickelt wurde.

Die Aufgabe des Roboters ist es, die einzelnen Feldreihen zu durchfahren und eine Typisierung der Pflanzen durchzuführen. Dabei findet eine Unterscheidung zwischen Nutzpflanzen und Unkraut statt, welches dann mit hoher Geschwindigkeit in den Boden gerammt wird, um auf den Einsatz von Gift zu verzichten.

Mit Hilfe von SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) und RTK (Real Time Kinematic) orientiert und bewegt sich BoniRob autonom im Feld. Eine Vielzahl von weiteren Sensoren dient der visuellen Verarbeitung der Pflanzen. Darunter sind 3D- und Farbkameras sowie Sensoren für Spectral Imaging. Diese Technik ermöglicht es, die Feuchtigkeitsverteilung der Pflanzen zu messen und mit den für die Pflanzen charakteristischen Werten abzugleichen.

Hat der Roboter eine Pflanze als Unkraut identifiziert und vernichtet, wird diese Position in einem Geoinformationssystem (GIS) gespeichert, um den Erfolg der Maßnahme zu einem späteren Zeitpunkt zu überprüfen.

Quellen

Hochschule Osnabrück (2011): Robots meet nature: Autonomer Feldroboter „BoniRob“ zur Pflanzenphänotypisierung, URL: https://www.hs-osnabrueck.de/fileadmin/HSOS/Forschung/Recherche/Laboreinrichtungen_und_Versuchsbetriebe/Labor_fuer_Mikro_und_Optoelektronik/FB_2011_Robots_meet_nature_-_Autonomer_Feldroboter_BoniRob_zur_Pflanzenphaenotypisierung.pdf, abgerufen am 23.06.2021.

Fraunhofer (o. J.): Spectral Imaging – Neue Möglichkeiten in der Mess- und Sortiertechnik, URL: <https://www.wki.fraunhofer.de/de/fachbereiche/hnt/profil/forschungsprojekte/-spectral-imaging.html>, abgerufen am 23.06.2021.

top agrar (2018): BoniRob – mit Bolzen gegen Unkräuter, URL: <https://www.topagrar.com/acker/news/bonirob-mit-bolzen-gegen-unkraeuter-9844736.html>, abgerufen am 23.06.2021.

Kontakt – Hochschule Osnabrück

Website: <https://www.hs-osnabrueck.de/>
Ansprechpartner: Prof. Dr. rer. nat. Arno Ruckelshausen
E-Mail: a.ruckelshausen@hs-osnabrueck.de
Telefon: +49 541 969-2090

Factsheet Nr. 08

„Teleoperierte Fahrzeuge“ von Roboauto

Kenndaten

<i>Einsatzbereich:</i>	diverse Industriezweige
<i>Technik:</i>	Kameras, Mobilfunk, zusätzliche Sensorik nach Bedarf bzw. Anforderung
<i>Jahr:</i>	seit 2007 (Unternehmensgründung)
<i>Land:</i>	Tschechien

Produktreife

Laut Roboauto sind die Einsatzbereiche bei teleoperierten Nutzfahrzeugen vielfältig. Sie können zum Beispiel in der Baubranche, auf Flughäfen oder in der Logistik Verwendung finden. In welchen Industrien das Unternehmen bereits tätig war, ist nicht bekannt.

Funktionsbeschreibung

Das Unternehmen Roboauto bietet Umrüstungslösungen zum teleoperierten Fahren für herkömmliche Nutzfahrzeuge. Diese können dann von einem Büroarbeitsplatz aus, der mit mehreren Bildschirmen, Pedalen und einem Lenkrad ausgestattet ist, über Mobilfunk ferngesteuert werden. Beispielhafte Anwendungen dieser Technik sind Grasmahd, Gebäudeabbruch, Bergbau und Logistik. Laut dem Hersteller sind noch viele weitere Einsatzgebiete möglich.

Die Lösung von Roboauto weist durch die Kombination verschiedener LTE-Netzbetreiber mit unabhängigen Netzen eine redundante Verbindung auf, die durch den flächendeckenden Ausbau von 5G noch optimiert werden kann. Genaue Angaben über die Latenz, also die Zeitverzögerung zwischen Aussenden und Befolgen des Steuerungsbefehls sind nicht bekannt. Aufgrund der Verwendung einer von Roboauto entwickelten Software soll die sogenannte Totzeit eine der geringsten auf dem Markt sein, bezogen auf eine maximale Geschwindigkeit von 80 km/h. Die gesamte Datenkommunikation, wie Videoübertragung und Steuerungsbefehle, ist verschlüsselt. Somit ist das Risiko von Cyber-Angriffen auf einem Minimum reduziert.

Um ein Fahrzeug umzurüsten, werden keine speziellen Anforderungen an das Fahrzeug gestellt, denn es handelt sich um eine flexible modulare Lösung. Außerdem ist die Sensorik anpassbar und kann je nach Anforderung variieren. Neben den Kameras, die in jedem Fall installiert sind, können beispielsweise zusätzliche Radarsensoren verbaut werden.

Im Falle einer unzureichenden Verbindung oder eines Verbindungsabbruchs ist die Software in der Lage, das Fahrzeug kontrolliert zum Stehen zu bringen.

Quellen

Roboauto (o. J.) : Roboauto - Home, URL: <https://roboauto.tech/>, abgerufen am 23.06.2021

Kontakt – Roboauto

Website:	https://roboauto.tech/	
Ansprechpartner:	Michal Dozbaba	Martin Svoboda
E-Mail:	michal.dozbaba@roboauto.tech	martin.svoboda@roboauto.tech
Telefon:	+420 704 603 848	+420 777 705 158

Factsheet Nr. 09

„RT-1000“ von Left Hand Robotics

Kenndaten

<i>Einsatzbereich:</i>	Grünflächen (Mahd) Fußgängerflächen und Radwege (Winterdienst und Kehren)
<i>Technik:</i>	GNSS RTK, Lidar, Radar, Kameras
<i>Jahr:</i>	2019
<i>Land:</i>	USA

Produktreife

Der RT-1000 kann nach Angaben des Herstellers auf dem Mittelstreifen sowie auf dem Bankett eingesetzt werden und ist bei verschiedenen Händlern in den USA und Kanada zu erwerben. Des Weiteren wird er bereits von mehreren Städten in Parks, auf Gehwegen oder auf Radwegen eingesetzt.

Die Utah State University prüft im Rahmen eines Forschungsprojekts, wie der RT-1000 bei sich wiederholenden Arbeiten im Freien und bei saisonalen Personallücken nützlich sein kann (laut Pressemitteilung vom Juli 2020).

Funktionsbeschreibung

Bei dem RT-1000 handelt es sich um einen benzinbetriebenen autonomen Arbeitsroboter des US-amerikanischen Unternehmens Left Hand Robotics, welches im März 2021 von The Toro Company gekauft wurde. Das System RT-1000 besteht aus dem RT-1000 Tractor, an den an der Front ein Mähwerk oder eine Kehrwalze und am Heck eine Streueinrichtung montiert werden kann, was einen ganzjährigen Einsatz ermöglicht. Für einen Einsatz ist es erforderlich, die zu mähende oder zu kehrende Fläche/Strecke mit dem hauseigenen „Robot Operations Center“ am Computer oder an einem Smartphone zu definieren. Optimale Einsatzbedingungen sind laut Left Hand Robotics gegeben, wenn von dem Roboter sich wiederholende Aufgaben zu erledigen sind.

Der RT-1000 ist mit umfangreicher Sensorik ausgestattet. Sie umfasst zwei RTK-Empfänger (Real Time Kinematic) zur zentimetergenauen Positionsbestimmung sowie Lidar, Radar, Kontaktsensoren und sechs Kameras zur Hinderniserkennung. Als Sicherheitsmaßnahme ist zudem an beiden Seiten des Roboters jeweils ein Notausschalter vorhanden.

Quellen

Left Hand Robotics (2021) : RT-1000 Robotic Tractor, URL: <https://lefthandrobotics.com/>, abgerufen am 23.06.2021.

Left Hand Robotics (2020) : Utah State University Deploys Autonomous Mowing Robot by Left Hand Robotics, URL: <https://lefthandrobotics.com/utah-state-university-deploys-autonomous-mowing-robot-by-left-hand-robotics/>, abgerufen am 23.06.2021.

Kontakt – The Toro Company (seit März 2021 Inhaber von Left Hand Robotics)

Website:	https://www.thetorocompany.com/	https://lefthandrobotics.com/
Ansprechpartner:	-	
E-Mail:	pr@toro.com	
Telefon:	+1 952-888-8801	

Factsheet Nr. 10

„Ariamatic 240“ von TSM

Kenndaten

<i>Einsatzbereich:</i>	Parks und Plätze
<i>Technik:</i>	Follow-Me-System, Sensorik unbekannt
<i>Jahr:</i>	2018
<i>Land:</i>	Italien

Produktreife

Obwohl der „Ariamatic 240“ bereits im Jahr 2018 vorgestellt wurde, fand die erste Auslieferung einer Flotte der Straßenmüllsauger erst im Jahr 2021 statt.

Seit Februar 2021 reinigen in Bassano del Grappa in Italien mehrere Sauger die historische Altstadt.

Funktionsbeschreibung

Bei dem „Ariamatic 240“ handelt es sich um einen elektrisch fahrenden Straßenmüllsauger vom italienischen Unternehmen TSM. Im Gegensatz zu herkömmlichen Geräten verfügt dieses Modell über das sogenannte Follow-Me-System, das die Arbeit für das bedienende Personal erleichtert und ein manuelles Steuern nicht mehr erfordert. Mittels des Follow-Me-Systems wird die vor dem Sauger stehende Arbeitskraft identifiziert und getrackt, um ihr dann im sicheren Abstand zu folgen. Die Sensorik ermöglicht es außerdem, feste und bewegliche Hindernisse, einschließlich Personen, zu erkennen und ihnen auszuweichen. Vom autonomen Folgen kann dennoch auf eine manuelle Steuerung gewechselt werden, wenn dazu im Einsatz Bedarf besteht. Zusätzlich verfügt die Maschine in der Ausführung „Ariamatic 240 Super“ über ein automatisches Filterreinigungssystem, welches die Sammeleffizienz konstant hält. Eine manuelle Filterreinigung während der Arbeitszeit ist dadurch nicht mehr erforderlich.

TSM gibt für den Straßenmüllsauger eine Einsatzdauer von bis zu 14 Stunden und eine Saugleistung von bis zu 1500 W an. Die maximale Arbeitsgeschwindigkeit beträgt 6 km/h. Zudem soll das Gerät Flächen mit Neigungen von bis zu 20 % befahren können.

Quellen

TSM (2021) : Der Straßenmüllsauger Ariamatic 240 reinigt Bassano del Grappa, URL:
<https://www.tsmitaly.com/de/news-de/der-strassenmullsauger-ariamatic-240-reinigt-bassano/>,
abgerufen am 20.06.2021.

TSM (o. J.) : Ariamatic 240, URL: <https://www.tsmitaly.com/de/professionelle-reinigungsmaschinen/strassenmullsaugern-2/ariamatic-240/>, abgerufen am 20.06.2021.

Kontakt – TSM - Technological Systems

Website: <https://www.tsmitaly.com/de/>
Ansprechpartner: -
E-Mail: info@tsmitaly.com
Telefon: +39 0434.564167

Factsheet Nr. 11

„X-Cone 2.0“ von Traffic Safety Services

Kenndaten

<i>Einsatzbereich:</i>	mehrstreifige Richtungsfahrbahnen
<i>Technik:</i>	unbekannt
<i>Jahr:</i>	2019
<i>Land:</i>	Österreich

Produktreife

Der Leitkegelsetzer „X-Cone 2.0“ wird von der ASFINAG in einem ca. 50 km langen Abschnitt der Tauern Autobahn A 10 eingesetzt, der unter anderem den Tauerntunnel und den Katschbergtunnel umfasst. Die zuständige Autobahnmeisterei ist St. Michael im Lungau.

Funktionsbeschreibung

Das vollautomatische Leitkegelmanagement System „X-Cone 2.0“ vom österreichischen Hersteller Traffic Safety Services ist ein System zum automatischen Setzen und Einsammeln von Leitkegeln, welches mehr Sicherheit und Effizienz gegenüber der herkömmlichen händischen Vorgehensweise verspricht. Für das Setzen und Einsammeln wird nur eine Person benötigt, die das Fahrzeug fährt bzw. für das Setzen zuvor den gewünschten Abstand der Leitkegel einstellt. Dies geschieht über eine Kontrolleinheit im Fahrerhaus.

Bei „X-Cone 2.0“ handelt sich im Detail um einen Aufbau in Leichtbauweise, der flexibel an Fahrzeuge mit einem zulässigen Gesamtgewicht von mindestens 3,5 Tonnen montiert werden kann. Die Hauptbestandteile sind zum einen der Ausleger und der sich daran bewegende Greifer und zum anderen die beiden Leitkegelpositionierer an den Seiten des Fahrzeuges. Letztere dienen dazu, die Leitkegel beim Einsammelprozess an einer bestimmten Stelle neben dem Fahrzeug zu positionieren, wo der Greifer sie dann aufnimmt. Insgesamt können 255 Leitkegel mit einer Höhe von 75 cm auf der X-Cone-Ladepritsche verstaut werden.

Im Automatikmodus können bei einem Abstand von 10 m sechs Leitkegel pro Minute aufgestellt werden, im manuellen Modus ist auch ein geringerer Abstand möglich. Die maximale Arbeitsgeschwindigkeit beträgt laut Hersteller 9 km/h. Zudem kann „X-Cone 2.0“ in beiden Fahrtrichtungen eingesetzt werden, beispielsweise können die Leitkegel, wenn sie beim Vorwärtsfahren aufgestellt wurden, entweder beim Rückwärtsfahren oder beim Vorwärtsfahren wieder eingesammelt werden. Dafür muss der Leitkegelpositionierer für die entsprechende Richtung gegebenenfalls rotiert werden. Außerdem spielt es keine Rolle, auf welcher Seite des Fahrzeugs sich der abzusperrende Bereich befindet, das System kann auf beiden Seiten arbeiten.

Die einzige Voraussetzung an das Fahrzeug außer dem zulässigen Gesamtgewicht (s.o.) ist, dass es nicht über Ladebordwände verfügt. Montiert wird das System entweder auf der Ladepritsche oder direkt auf dem Fahrgestell.

Quellen

Traffic Safety Services (o. J.) : X-Cone® 2.0 - Leitkegel-Management-System, URL: <https://www.traffic-safety-services.com/de/x-cone-leitkegel-management-system.html>, abgerufen am 22.07.2021.

Traffic Safety Services (2021) : X Cone 2.0 - Vollautomatischer Leitkegelsetzer im Einsatz bei der ASFINAG [Video], YouTube, URL: <https://www.youtube.com/watch?v=prA6n8DTF9g>

Kontakt – Traffic-Safety-Services

Website: <https://www.traffic-safety-services.com/de/>
Ansprechpartner: -
E-Mail: office@traffic-safety-services.com
Telefon: +43 4262 2251-0

Factsheet Nr. 12

„Coner“ von Senn

Kenndaten

<i>Einsatzbereich:</i>	mehrstreifige Richtungsfahrbahnen
<i>Technik:</i>	-
<i>Jahr:</i>	unbekannt
<i>Land:</i>	Schweiz

Produktreife

In Deutschland und der Schweiz wird der Leitkegelsetzer Coner über den Vertriebspartner FRIKE angeboten. Dagegen befindet sich beim britischen Partner Highway Care die sogenannte „Falcon Automated Cone Laying Machine“ noch in der Testphase und soll dort ab Ende 2021 bis Anfang 2022 im Regelbetrieb eingesetzt werden.

Funktionsbeschreibung

Der Leitkegelsetzer „Coner“ ist ein Aufbaugerät für Serien-Lkw und dient dem vollautomatischen Setzen und Einsammeln von Leitkegeln mit einer Höhe von 75 bzw. 100 cm. Da mit dem „Coner“ nur noch eine Person des Betriebsdienstes pro Einsatz benötigt wird und diese Person das Fahrerhaus nicht verlassen muss, wird die Arbeitssicherheit erheblich verbessert.

Die Ladefläche des Fahrzeugs ist mit mehreren Leitkegelstapeln bestückt. Eine Vorrichtung am Heck greift einen dieser Stapel und stellt die einzelnen Leitkegel nacheinander auf. Dabei wird bei jedem Arbeitsschritt ein Kegel mittels zweier beweglicher Führungsschienen an die gewünschte Position befördert. Gleichzeitig ist die Vorrichtung mit dem Leitkegelstapel ebenfalls seitlich beweglich. Das Setzen der Leitkegel kann nur während der Geradeausfahrt und das Einsammeln nur während der Rückwärtsfahrt ausgeführt werden. Beim Einsammeln werden die Leitkegel mit Hilfe der v-förmigen Führungsschienenkonstruktion an den Aufnahmepunkt der Setz- und Einsammelvorrichtung geführt. Über eine Rückfahrkamera wird das Einsammeln erleichtert.

In Abhängigkeit des Trägerfahrzeugs kommen verschiedene Aufbaugrößen des „Coner“-Systems zum Einsatz, die eine Kapazität von 100 bis 500 Leitkegeln haben. Bei einem Abstand der Leitkegel von 25 m kann die maximale Arbeitsgeschwindigkeit von 12 km/h erreicht werden. In einer Minute ist es möglich, bis zu sechs Kegel zu setzen. Es sind die drei Arbeitsmodi Gerade, Diagonale und Zickzack ausführbar.

Quellen

Senn Maschinenbau (o. J.) : Senn - Kommunaltechnik, URL: <https://www.senn-maschinenbau.ch/kommunaltechnik>, abgerufen am 24.07.2021.

FRIKE (o. J.) : Leitkegelsetzer, URL: <https://frike.ch/de/component/jshopping/leitkegelsetzer/leitkegelsetzer.html?Itemid=0>, abgerufen am 24.07.2021.

Highway Care (o. J.) : Latest Innovations, URL: <https://www.highwaycare.com/latest-innovations>, abgerufen am 24.07.2021.

Kontakt – Senn Konstruktionswerkstätte AG

Website: <https://www.senn-maschinenbau.ch/>
Ansprechpartner: -
E-Mail: info@senn-maschinenbau.ch
Telefon: +41 61 721 1303

Kontakt – FRIKE electronic AG

Website: <https://frike.ch/de/>
Ansprechpartner: -
E-Mail: info@frike.ch
Telefon: +41 44 869 2344

Factsheet Nr. 13

„Drop&Pick“ Vorwarntafeln von Nissen

Kenndaten

<i>Einsatzbereich:</i>	mehrstreifige Richtungsfahrbahnen
<i>Technik:</i>	-
<i>Jahr:</i>	2019
<i>Land:</i>	Deutschland

Produktreife

Es handelt sich um ein fertig entwickeltes System, das über die Website des Herstellers angefragt werden kann. Die Straßenmeisterei Neusitz war eine der ersten, die sich für diese Lösung entschieden hat und sie einsetzt.

Funktionsbeschreibung

Das deutsche Unternehmen Nissen hat eine Lösung zum automatisierten Aufstellen von Vorwarntafeln entwickelt, bei der der Personaleinsatz auf eine Person reduziert wird und diese das Fahrzeug nicht verlassen muss. So können Gefahrenstellen auf Autobahnen mit drei Vorwarntafeln abgesichert werden, dabei wird nur ein Fahrzeug benötigt. Die drei ausfahrbaren LED-Tafeln sind auf einer Ladefläche mit drei Hubmodulen aufgeladen und werden dann vor Ort nacheinander abgelassen. Nissen bietet das System als Komplettlösung auf einem Serienfahrzeug montiert sowie als Anhänger an. Bei der Ausführungsvariante als Anhänger kann dieser zum Beispiel von einem Absperrfahrzeug gezogen werden, welches dann die Gefahrenstelle noch zusätzlich schützt.

Die Vorwarner haben eine Breite von 1,70 m und klappen den oberen Teil der LED-Tafel beim Aufstellen automatisch aus und beim Einsammeln dementsprechend wieder ein. Um das Einsammeln, bei dem mit der Ladefläche des Fahrzeugs rückwärts unter die Vorwarntafel gefahren werden muss, zu erleichtern, ist eine Rückfahrkamera zur Prozessüberwachung vorhanden. Über eine Kontrolleinheit kann zudem vom Fahrerhaus aus die LED-Anzeige konfiguriert werden, in der Regel werden diese allerdings vor dem Einsatz in der Meisterei programmiert. Das Laden aller Akkus der Tafeln ist über einen zentralen Anschluss möglich. Die Vorwarner sind für Windgeschwindigkeiten bis 80 km/h ausgelegt.

Quellen

Nissen (o. J.): Drop&Pick, URL: <https://nissen-germany.com/drop-pick/>, abgerufen am 24.07.2021.

Nissen (2019): Nissen Drop & Pick System – Die sichere Lösung, URL: https://nissen-germany.com/redaktion/downloads/kataloge/NIS-18-0048_Drop___Pick_System_RZ_DE_Einzelseiten.pdf, abgerufen am 24.07.2021.

Kontakt – Adolf Nissen Elektrobau GmbH + Co. KG

Website: <https://nissen-germany.com/>
Ansprechpartner: -
E-Mail: vertrieb@nissen-germany.com
Telefon: +49 4861 612 - 0

Factsheet Nr. 14

„Satellitengestütztes Vegetationsmanagement“ von LiveEO

Kenndaten

<i>Einsatzbereich:</i>	Schiennetze, Pipelines, Stromtrassen
<i>Technik:</i>	Machine-Learning
<i>Jahr:</i>	seit 2017
<i>Land:</i>	Deutschland

Produktreife

Im Bereich Vegetationsmanagement von Schiennetzen arbeitet LiveEO bereits seit 2018 für die Deutsche Bahn in einem Pilotprojekt. Des Weiteren ist das Unternehmen für Auftraggeber wie E.ON und Netze BW, sowie für diverse internationale Energieversorger tätig.

Funktionsbeschreibung

Das Berliner Startup LiveEO gilt weltweit als Marktführer für satellitengestütztes Vegetationsmanagement an Schienenwegen, Pipelines oder Stromtrassen. Das Unternehmen bezieht für seine Kunden Satellitendaten, welche von einer KI ausgewertet werden und so ein zustandsbasiertes Vegetationsmanagement ermöglichen. So sollen beispielsweise für Kunden wie die Deutsche Bahn Abschnitte entlang der Trasse definiert werden, in denen ein Grünrückschnitt bzw. anderweitiger Eingriff in die Vegetation notwendig ist. Es werden dabei entlang der Strecken unter anderem stand- und bruchgefährdete Bäume identifiziert. Auf Kundenseite fallen durch den Einsatz von Satellitenbildern und Machine-Learning geringere Kosten für die Grünpflege an als bei zeitintensiven Vegetationskontrollen oder einem präventivem Grünrückschnitt.

Die verwendeten Satellitenbilder haben eine Auflösung von ca. 30 * 30 cm pro Pixel, deshalb ist es nicht möglich, die Baumarten anhand der Kronenstruktur oder der Astdichte zu identifizieren. Stattdessen nehmen Satelliten wie der Sentinel 2 Bilder über 13 verschiedene Spektralbänder auf und erfassen so ein sehr großes Spektrum an Wellenlängen, die für das menschliche Auge nicht sichtbar sind. Die Identifizierung der Bäume und anderen Pflanzen erfolgt daher anhand der spezifischen Eigenschaften und Zusammensetzung der Blätter. Jede Pflanzenart weist einen charakteristischen Wassergehalt sowie photosynthetische Pigmente auf, wodurch Licht auf eine bestimmte Weise reflektiert wird. In jedem der 13 Spektralbänder weist ein bestimmter Pflanzentyp eine typische Reflektion auf, deren Kombination zur Identifikation der Pflanze genutzt werden kann.

Das satellitengestützte Vegetationsmanagement des DB-Netzes wird Stand Juli 2021 in einem Pilotprojekt im Raum Fulda getestet. Zukünftig soll dies jedoch bundesweit angewendet werden. Dann sollen neben den Satellitendaten auch noch Wetterdaten und betriebliche Daten in das System integriert werden, um es zu optimieren.

Quellen

LiveEO (o. J.): Satellite-Based Vegetation Management, URL: <https://live-eo.com/vegetation-management/>, abgerufen am 19.07.2021.

LiveEO (o. J.): How do we identify Tree Species with Satellite Imagery?, URL: <https://hier-einfuegen.de>, abgerufen am tt.mm.jjjj.

LiveEO (o. J.): Monitor Infrastructure Networks from Space, URL: <https://live-eo.com/>, abgerufen am 19.07.2021.

Deutsche Bahn (2020): Unterstützung aus dem Weltall [Video], URL: https://www.deutschebahn.com/de/presse/pressestart_zentrales_uebersicht/Vegetationspflege-mit-kuenstlicher-Intelligenz-Deutsche-Bahn-erfasst-Baumbestand-aus-dem-Weltall-5537866

Kontakt – LiveEO GmbH

Website: <https://live-eo.com/>
Ansprechpartner: -
E-Mail: info@live-eo.com
Telefon: +49 162 3414693

Factsheet Nr. 15

„FreeRail“-Forschungsprojekt von Quantum Systems, DB Fahrwegdienste, geo-konzept

Kenndaten

<i>Einsatzbereich:</i>	Trassen der Deutschen Bahn
<i>Technik:</i>	GNSS, 5G
<i>Jahr:</i>	2019 - 2022
<i>Land:</i>	Deutschland

Produktreife

Das Forschungsprojekt hat 2019 begonnen und soll im Jahr 2022 abgeschlossen werden. Das Ziel des Projekts ist unter anderem, auf einer definierten Teststrecke einen autonomen Betrieb der Vegetationskontrolle durchzuführen. Über die aktuell laufenden Tests ist nur bekannt, dass die Datenübertragung mit einem 5G-Netz durchgeführt wird.

Funktionsbeschreibung

Jedes Jahr verursachen Stürme beachtliche Schäden an der Vegetation neben Bahngleisen, was zu Störfällen und so zu Verspätungen oder Ausfällen im Fahrplan führt. Des Weiteren muss das ca. 33.400 km lange Streckennetz im Rahmen der Verkehrssicherungspflicht einer jährlichen Vegetationskontrolle unterzogen werden. Dies wird von Fachpersonal manuell durchgeführt und ist dementsprechend zeit- und personalintensiv.

Das Forschungsprojekt „FreeRail“, unter anderem gefördert durch das BMDV, hat zum Ziel, den Prozess der Vegetationskontrolle zu digitalisieren und zu automatisieren. Es sollen dabei Drohnen des Projektkoordinators Quantum Systems sowie eine eigens entwickelte KI von geo-konzept, einem der Projektpartner, eingesetzt werden. Das Projekt sieht vor, dass die Drohnen in Hangars nahe der Strecke bereitstehen und, wenn nach einem Sturm oder zur turnusmäßigen Kontrolle ein Einsatzbefehl ausgelöst wird, den ihnen zugeteilten Streckenabschnitt selbstständig abfliegen und dabei Daten aufnehmen. Nach dem Einsatz kehren sie autonom zum Hangar zurück, die Daten werden an einen Server gesendet und von der Software analysiert. Ein Einsatzleiter wird dann über die Stellen informiert, die das System als problematisch ausgewertet hat und legt schließlich fest, wie viel Personal für den Rückschnitt der Vegetation benötigt wird.

Die Drohnen von Quantum Systems sind bereits seit 2017 in unterschiedlichen Projekten einsatzerprobt, beispielsweise bei der Bestandsaufnahme von Agrarflächen, bei der Erfassung von Vogelnestern und weiteren Einsätzen zur Kartierung, Vermessung und Inspektion. Bei „FreeRail“ sollen Drohnen der Serie „Trinity F90+“ eingesetzt werden. Sie können bis zu 90 Minuten in der Luft bleiben und dabei eine Strecke von 100 km zurücklegen. Die Drohnen werden mit einer Referenzstation am Boden gekoppelt, die die aufgenommenen Daten mittels GNSS referenziert. Laut Hersteller liegt der Preis für ein Modell bei 15.900 € zuzüglich Steuern.

Quellen

Quantum Systems (2020): Drones with 5G technology – The “FreeRail” project consortium successfully completes first test series together with Ericsson, URL: <https://www.quantum-systems.com/2020/12/21/drones-with-5g-technology-the-freerail-project-consortium-successfully-completes-first-test-series-together-with-ericsson/>, abgerufen am 26.07.2021.

geo-konzept (2020): AUF PATROILLE, in Drones 02/2020, Seite 78 - 81, URL: https://geo-konzept.de/wp-content/uploads/2020/02/DR_0220_FreeRail.pdf

Bundesamt für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMDV) (o. J.): Automatisierte Erfassung der gleisnahen Vegetation und von Unwetterschäden entlang des Streckennetzes der Deutschen Bahn mit autonom betriebenen Drohnen - FreeRail, URL: <https://www.BMDV.de/SharedDocs/DE/Artikel/DG/mfund-projekte/free-rail.html>, abgerufen am 26.07.2021.

Kontakt – Quantum Systems GmbH

Website: <https://www.quantum-systems.com/>
Ansprechpartner: Pierre Ulfig
E-Mail: pulfig@quantum-systems.com
Telefon: +49 8105 24150-22

Kontakt – DB Fahrwegdienste GmbH

Website: https://fahrweg.dbnetze.com/fahrweg-de/unternehmen/db_netz_ag/externe_organisationen/fahrwegdienste-1368662
Ansprechpartner: -
E-Mail: vegetation@deutschebahn.com

Kontakt – geo-konzept

Website: <https://geo-konzept.de/>
Ansprechpartner: -
E-Mail: geo@geo-konzept.de
Telefon: +49 8424 89890

Anhang 3: Fahrzeugklassen

Die in den jeweiligen Normen referenzierten Fahrzeugklassen sind in den folgenden EU-Richtlinien spezifiziert:

M, N, O gemäß (EU) 2018/858

Klasse M umfasst vorwiegend für die Beförderung von Personen und deren Gepäck ausgelegte und gebaute Kraftfahrzeuge, unterteilt in:

- Klasse M1: Kraftfahrzeuge mit höchstens acht Sitzplätzen zusätzlich zum Fahrersitz und ohne Stehplätze, unabhängig davon, ob die Anzahl der Sitzplätze auf den Fahrersitz beschränkt ist;
- Klasse M2: Kraftfahrzeuge mit mehr als acht Sitzplätzen zusätzlich zum Fahrersitz und mit einer Gesamtmasse von höchstens 5 Tonnen, unabhängig davon, ob diese Fahrzeuge über Stehplätze verfügen, und
- Klasse M3: Kraftfahrzeuge mit mehr als acht Sitzplätzen zusätzlich zum Fahrersitz und mit einer Gesamtmasse über 5 Tonnen, unabhängig davon, ob diese Fahrzeuge über Stehplätze verfügen.

Die Klasse N umfasst vorwiegend für die Beförderung von Gütern ausgelegte und gebaute Kraftfahrzeuge, unterteilt in:

- Klasse N1: Kraftfahrzeuge mit einer zulässigen Gesamtmasse von höchstens 3,5 Tonnen;
- Klasse N2: Kraftfahrzeuge mit einer zulässigen Gesamtmasse über 3,5 Tonnen bis höchstens 12 Tonnen und
- Klasse N3: Kraftfahrzeuge mit einer zulässigen Gesamtmasse über 12 Tonnen;

Klasse O umfasst Anhänger, unterteilt in:

- Klasse O1: Anhänger mit einer zulässigen Gesamtmasse von höchstens 0,75 Tonnen;
- Klasse O2: Anhänger mit einer zulässigen Gesamtmasse über 0,75 Tonnen bis höchstens 3,5 Tonnen;
- Klasse O3: Anhänger mit einer zulässigen Gesamtmasse über 3,5 Tonnen bis höchstens 10 Tonnen und
- Klasse O4: Anhänger mit einer zulässigen Gesamtmasse über 10 Tonnen

T, C, R, S gemäß (EU) Nr. 167/2013

Klasse T umfasst Zugmaschinen auf Rädern, unterteilt in:

- Klasse T1: Zugmaschinen auf Rädern mit einer Spurweite der dem Fahrer am nächsten liegenden Achse von mindestens 1 150 mm, einer Leermasse in fahrbereitem Zustand von mehr als 600 kg und einer Bodenfreiheit bis 1 000 mm;
- Klasse T2: Zugmaschinen auf Rädern mit einer Mindestspurweite von weniger als 1 150 mm, einer Leermasse in fahrbereitem Zustand von mehr als 600 kg, einer Bodenfreiheit bis 600 mm; wenn der Quotient aus der Höhe des Schwerpunkts der Zugmaschine über dem Boden

und der mittleren Mindestspurweite der Achsen mehr als 0,90 beträgt, ist die bauartbedingte Höchstgeschwindigkeit auf 30 km/h begrenzt;

- Klasse T3: Zugmaschinen auf Rädern mit einer Leermasse in fahrbereitem Zustand bis 600 kg;
- Klasse T4: Zugmaschinen auf Rädern mit besonderer Zweckbestimmung

Klasse C umfasst Zugmaschinen auf Gleisketten, die über die Gleisketten oder über eine Kombination von Rädern und Gleisketten angetrieben werden (Definition der Unterklassen analog zu der Klasse T)

Klasse R umfasst land- und forstwirtschaftliche Anhänger, unterteilt in:

- Klasse R1: Anhänger, bei denen die Summe der technisch zulässigen Massen je Achse bis zu 1 500 kg beträgt;
- Klasse R2: Anhänger, bei denen die Summe der technisch zulässigen Massen je Achse mehr als 1 500 kg und bis zu 3 500 kg beträgt;
- Klasse R3: Anhänger, bei denen die Summe der technisch zulässigen Massen je Achse mehr als 3 500 kg und bis zu 21 000 kg beträgt;
- Klasse R4: Anhänger, bei denen die Summe der technisch zulässigen Massen je Achse mehr als 21 000 kg beträgt;

Klasse S umfasst gezogene auswechselbare Geräte, unterteilt in:

- Klasse S1: gezogene auswechselbare Geräte, bei denen die Summe der technisch zulässigen Massen je Achse bis zu 3 500 kg beträgt;
- Klasse S2: gezogene auswechselbare Geräte, bei denen die Summe der technisch zulässigen Massen je Achse über 3 500 kg beträgt

Anhang 4: Liste mit Tätigkeiten der Autobahnmeistereien

Leistungsbereiche 1-6 sind Teil des Leitungsheftes für den Straßenbetrieb auf Bundesfernstraßen (Ausgabe 2021).

Leistungsbereich 7 wurde selbst ergänzt und ist nicht Teil des Leistungsheftes für den Straßenbetrieb auf Bundesfernstraßen (Ausgabe 2021).

Leistungsbereich	Leistungsgruppe	Leistungsposition	BAB	Relevant?	Gefährdungspotenzial	Automatisierungspotenzial	Relevante Projekte Use Case	Relevante Projekte Technik	Relevante Projekte Sonstiges	Anmerkungen	
1 Bauliche Unterhaltung	1.1 Sofortmaßnahmen an befestigten Flächen	1.1.1 Schäden an Fahrbahnen beseitigen	JA	JA	hoch	mittel	RADSPOT	RADSPOT			
		1.1.2 Schäden an befestigten Radwegen und Gehwegen beseitigen	NEIN	NEIN							
	1.2 Maßnahmen an unbefestigten Flächen	1.2.1 Schäden und Mängel an unbefestigten Flächen beseitigen	JA	NEIN							
		1.2.2 Wartung von steinschlaggefährdeten Felshängen	JA	NEIN							
	1.3 Sofortmaßnahmen an Ingenieurbauwerken	1.3.1 Schäden an Ingenieurbauwerken und deren Entwässerungseinrichtungen beseitigen	JA	NEIN							
	1.4 Maßnahmen an Entwässerungsanlagen	1.4.1 Schäden und Mängel an Straßenrinnen, befestigten Straßengräben und Straßenabläufen beseitigen	JA	NEIN							
		1.4.2 Schäden und Mängel an Schächten, Rohrleitungen und Durchlässen beseitigen	JA	NEIN							
1.4.3 Schäden und Mängel an Rückhalte- und Versickerungsanlagen beseitigen		JA	NEIN								
2 Grünpflege	2.1 Rasenflächen im Intensivbereich	2.1.1 Bankette, Gräben und Mulden mähen	JA	JA	hoch	hoch	ANITA, MOSAiK:D	AirPortMover, ANITA, MOSAiK:D	ACCorD		
		2.1.2 Rasenflächen an Radwegen und Gehwegen mähen	NEIN	NEIN							
		2.1.3 Mittel- und Trennstreifen zwischen Fahrbahnen mähen	JA	JA	hoch	hoch	MOSAiK:D	AirPortMover, ANITA, MOSAiK:D	ACCorD		
		2.1.4 Sichtfelder im Bereich von Knotenpunkten mähen	JA	JA	gering	hoch					
		2.1.5 Erholungs- und Aufenthaltsflächen mähen	JA	JA	gering	mittel					
	2.2 Sonstige Rasenflächen	2.2.1 Rasenflächen im Extensivbereich mähen	JA	JA	mittel	hoch				Gefährdungspotenzial mittel z.B. bei steiler Böschung	
		2.2.2 Rückhalte-, Absetz- und Versickerungsbecken mähen	JA	JA	gering	mittel					
		2.2.3 Bekämpfung von Problempflanzen und gesundheitsgefährdenden Insekten	JA	NEIN							
	2.3 Gehölzpflegearbeiten und Tätigkeiten an Einzelbäumen	2.3.1 Gehölze im Straßenrandbereich zurückschneiden	JA	JA	hoch	gering	ANITA, MOSAiK:D	AirPortMover, ANITA, MOSAiK:D	ACCorD		
		2.3.2 Gehölze in Mittel- und Trennstreifen zwischen Fahrbahnen zurückschneiden	JA	JA	hoch	gering	ANITA, MOSAiK:D	AirPortMover, ANITA, MOSAiK:D	ACCorD		
		2.3.3 Gehölze an Erholungs- und Aufenthaltsflächen zurückschneiden	JA	NEIN							
		2.3.4 Gehölze außerhalb des Straßenrandbereiches pflegen	JA	JA	mittel	mittel					
		2.3.5 Einzelbäume pflegen	JA	NEIN							
	3 Wartung und Instandhaltung der Straßenausstattung	3.1 Straßenausstattung warten und instand halten	3.1.1 Verkehrszeichen warten und instand halten	JA	JA	hoch	gering	MOSAiK:D	MOSAiK:D	ACCorD	
			3.1.2 Leitpfosten und Stationierungszeichen instand halten	JA	JA	hoch	gering	MOSAiK:D	MOSAiK:D	ACCorD	
3.1.3 Passive Schutzeinrichtungen instand halten			JA	JA	hoch	gering			ACCorD		
3.1.4 Wild- und Amphibienschutzanlagen instand halten			JA	JA	gering	gering				evtl. Kontrolle mit z.B. einer Drohne möglich	
3.1.5 Ausstattung von Rastanlagen warten und instand halten			JA	NEIN							
3.2 Elektrotechnische Anlagen warten und instand halten		3.2.1 Lichtsignalanlagen (LSA) und Verkehrsbeeinflussungsanlagen (VBA) warten und instand halten	JA	JA	hoch	gering	MOSAiK:D	MOSAiK:D			
		3.2.2 Beleuchtungsanlagen warten und instand halten	JA	JA	hoch	gering	MOSAiK:D	MOSAiK:D			
		3.2.3 Betriebstechnische Anlagen in und an Tunneln warten und instand halten	JA	JA	hoch	gering					
		3.2.4 Betriebstechnische Anlagen für den Winterdienst warten und instand halten	JA	NEIN							
		3.2.5 Pumpanlagen warten und instand halten	JA	NEIN							
		3.2.6 Telekommunikationsanlagen warten und instand halten	JA	NEIN							

4 Reinigung	4.1 Reinigung von Verkehrsflächen	4.1.1 Fahrbahnen kehren	JA	JA	hoch	hoch	aFAS, HALC, SAFE20, ANITA, MOSAiK:D, ATLAS-L4	AirPortMover, ANITA, HALC, SAFE20, MOSAiK:D, ATLAS-L4	ACCorD	
		4.1.2 Radwege und Gehwege sowie begehbbare Flächen kehren	NEIN	NEIN						
		4.1.3 Verkehrsflächen im Bereich von Rastanlagen kehren	JA	JA	gering	mittel				
		4.1.4 Verkehrsbehindernde oder -gefährdende Verschmutzungen auf Verkehrsflächen beseitigen	JA	JA	hoch	mittel	aFAS, ANITA, SAFE20, MOSAiK:D, ATLAS-L4	aFAS, ANITA, SAFE20, MOSAiK:D, ATLAS-L4		
	4.2 Entwässerungseinrichtungen reinigen	4.2.1 Straßenrinnen, befestigte Straßenmulden und -gräben und Straßenabläufe reinigen	JA	JA	hoch	mittel	aFAS, ANITA, MOSAiK:D	aFAS, ANITA, MOSAiK:D		
		4.2.2 Schächte, Rohrleitungen, Durchlässe und Düker reinigen	JA	NEIN						
		4.2.3 Sonstige Entwässerungseinrichtungen reinigen	JA	NEIN						
4.3 Bauwerke und Straßenausstattung reinigen	4.3 Bauwerke und Straßenausstattung reinigen	4.3.1 WC-Anlagen von Rastanlagen reinigen	JA	JA	mittel	hoch				selbstreinigendes Klo
		4.3.2 Ingenieurbauwerke und deren Entwässerungseinrichtungen reinigen	JA	NEIN						
		4.3.3 Tunnel reinigen	JA	JA	mittel	hoch	aFAS, ANITA, MOSAiK:D, ATLAS-L4	aFAS, ANITA, MOSAiK:D, ATLAS-L4		
		4.3.4 Verkehrszeichen reinigen	JA	JA	hoch	mittel	aFAS, ANITA, MOSAiK:D, ATLAS-L4	AirPortMover, aFAS, ANITA, MOSAiK:D, ATLAS-L4		
		4.3.5 Leitpfosten reinigen	JA	JA	hoch	hoch	aFAS, ANITA, MOSAiK:D, ATLAS-L4	AirPortMover, aFAS, ANITA, MOSAiK:D, ATLAS-L4		
	4.4 Abfallbeseitigung	4.4.1 Abfälle und Müllablagerungen entlang der Strecke einsammeln	JA	JA	mittel	mittel	aFAS, ANITA, MOSAiK:D, ATLAS-L4	aFAS, ANITA, MOSAiK:D, ATLAS-L4		
		4.4.2 Abfälle und Müllablagerungen auf Rastanlagen einsammeln	JA	JA	gering	mittel				
5 Winterdienst	5.1 Streuen	5.1.1 Fahrbahnen streuen	JA	JA	gering	hoch	AI4OD, HALC, ANITA, SAFE20, SmartFleet, MOSAiK:D, ATLAS-L4	AirPortMover, HALC, ANITA, RoSSHAF, SAFE20, SmartFleet, MOSAiK:D, ATLAS-L4	ACCorD	
		5.1.2 Radwege streuen	NEIN	NEIN						
		5.1.3 Sonstige Verkehrsflächen streuen	JA	JA	gering	mittel	SAFE20	RoSSHAF, SAFE20	ACCorD	
	5.2 Räumen und Streuen	5.2.1 Fahrbahnen räumen und streuen	JA	JA	gering	hoch	ANITA, aFAS, HALC, SAFE20, SmartFleet, MOSAiK:D, ATLAS-L4	AirPortMover, aFAS, HALC, ANITA, RoSSHAF, SAFE20, SmartFleet, MOSAiK:D, ATLAS-L4	ACCorD	
		5.2.2 Radwege räumen und streuen	NEIN	NEIN						
		5.2.3 Sonstige Verkehrsflächen räumen und streuen	JA	JA	gering	mittel	AI4OD, HALC, SAFE20	HALC, RoSSHAF, SAFE20		
		5.2.4 Erhebliche Schneesverwehungen und Randwälle beseitigen	JA	NEIN						
5.3 Schneezäune, Gefahr- und Schneezeichen auf- und abbauen	6.1.1 Schneezäune, Gefahr- und Schneezeichen auf- und abbauen	JA	NEIN							
6 Weitere Leistungen	6.1 Weitere Leistungen	6.1.2 Beseitigung von Unfallschäden	JA	NEIN						
		6.1.3 Kleinteilige Wartungstätigkeiten	JA	NEIN						
		6.1.4 Maßnahmen bei außergewöhnlichen Witterungsereignissen und Katastrophenfällen	JA	NEIN						
		7.1.1 Bauwerkskontrolle	JA	JA	gering	hoch				
7.1 Kontrollen	7.1 Kontrollen	7.1.2 Streckenkontrolle	JA	JA	hoch	hoch	RADSPOT	RADSPOT	ACCorD	
		7.1.3 Baumkontrolle	JA	JA	gering	gering				
		7.1.4 Überprüfung elektronischer Anlagen	JA	NEIN						
		7.1.5 Kontrolle von Entwässerungsanlagen	JA	NEIN						
		7.2 Absicherung	7.2.1 Absicherung	JA	JA	hoch	hoch	aFAS, SAFE20, ANITA, MOSAiK:D, ATLAS-L4	AirPortMover, ANITA, SAFE20, MOSAiK:D, ATLAS-L4	ACCorD

Anhang 5: Checkliste zur Identifikation potenzieller funktionaler Sicherheitsrisiken für UC3

Bewertungskriterium	Funktion Basisfahrzeug										Funktion Gerüststeuerung											
	Trajektorie bestimmen	Fahrzeugsysteme steuern	Bremsen	Antreiben	Lenken	Licht steuern	Umfeld überwachen	Extern kommunizieren	Fahrzeugzustand überwachen	Extern kommunizieren	Aufbaugerät steuern											
Gefährdung von Personen im Fahrzeug bei fehlerhafter Funktion	Sehr wahrscheinlich	10	Sehr wahrscheinl	10	Wahrscheinlich	6	Weniger wahrscheinlich	3	Sehr wahrsch	10	Weniger wahrsch	3	Sehr wahrscheinli	10	Weniger wahrschei	3	Weniger wahrscheinlic	3	Weniger wahrsche	3		
Gefährdung von Personen in der Nähe bei fehlerhafter Funktion	Sehr wahrscheinlich	10	Sehr wahrscheinl	10	Wahrscheinlich	6	Weniger wahrscheinlich	3	Sehr wahrsch	10	Weniger wahrsch	3	Sehr wahrscheinli	10	Weniger wahrschei	3	Weniger wahrscheinlic	3	Weniger wahrsche	3		
Gefährdung für andere Verkehrsteilnehmer bei fehlerhafter Funktion	Sehr wahrscheinlich	10	Sehr wahrscheinl	10	Wahrscheinlich	6	Weniger wahrscheinlich	3	Sehr wahrsch	10	Weniger wahrsch	3	Sehr wahrscheinli	10	Weniger wahrschei	3	Weniger wahrscheinlic	3	Weniger wahrsche	3		
Schadenschwere																						
Gefahr von leichten bis mittelschweren Verletzungen von Personen bei fehlerhafter Funktion	Hoch	10	Hoch	10	Hoch	10	Mittel	6	Hoch	10	Hoch	10	Hoch	10	Vernachlässigbar	1	Niedrig	3	Niedrig	3		
Gefahr von schweren bis tödlichen Verletzungen von Personen bei fehlerhafter Funktion	Hoch	10	Hoch	10	Hoch	10	Mittel	6	Hoch	10	Mittel	6	Hoch	10	Vernachlässigbar	1	Mittel	6	Mittel	6		
Häufigkeit der sicherheitsrelevanten Betriebsituationen																						
Häufigkeit der Betriebsituationen, die bei Funktionsausfall potenziell gefährlich sind	Hoch	10	Hoch	10	Hoch	10	Mittel	6	Hoch	10	Mittel	6	Hoch	10	Hoch	10	Niedrig	3	Hoch	10	Hoch	10
Kontrollierbarkeit bei Funktionsausfall																						
Vorhandensein einer Eingriffsmöglichkeit und die Erfolgswahrscheinlichkeit mit der ein Fahrer oder Operator bei Funktionsausfall einen Schaden abwenden kann	Nicht vorhanden	10	Nicht vorhanden	10	Nicht vorhanden	10	Nicht vorhanden	10	Nicht vorhand	10	Nicht vorhanden	10	Nicht vorhande	10	Nicht vorhanden	10	Nicht vorhanden	10	Nicht vorhanden	10		
Vorhandensein einer Eingriffsmöglichkeit und die Erfolgswahrscheinlichkeit mit der ein anderes elektronisches System bei Funktionsausfall einen Schaden abwenden kann	Mittel	3	Niedrig	6	Niedrig	6	Mittel	3	Mittel	3	Nicht vorhanden	10	Nicht vorhande	10	Mittel	3	Nicht vorhanden	10	Nicht vorhanden	10		
Ausfallszenarien																						
Ungewollte Betätigung der Funktion	Kritisch	6	Kritisch	6	Kritisch	6	Kritisch	6	Sehr kritisch	10	Unkritisch	1	Kritisch	6	Weniger kritisch	3	Unkritisch	1	Weniger kritisch	3	Weniger kritisch	3
Ausbleiben der Funktion nach Betätigung	Unkritisch	1	Kritisch	6	Sehr kritisch	10	Unkritisch	1	Sehr kritisch	10	Kritisch	6	Sehr kritisch	10	Weniger kritisch	3	Weniger kritisch	3	Weniger kritisch	3		
Ist-Verhalten der Funktion weicht deutlich vom Soll-Verhalten ab	Sehr kritisch	10	Sehr kritisch	10	Kritisch	6	Weniger kritisch	3	Sehr kritisch	10	Kritisch	6	Sehr kritisch	10	Sehr kritisch	10	Weniger kritisch	3	Kritisch	6	Kritisch	6
Umkehr der Wirkrichtung der Funktion	Sehr kritisch	10	Kritisch	6		0	Sehr kritisch	10	Kritisch	6	Sehr kritisch	10	Sehr kritisch	10	0	0	Kritisch	6	Kritisch	6		
Verzögertes Ansprechen der Funktion	Weniger kritisch	3	Kritisch	6	Weniger kritisch	3	Weniger kritisch	3	Kritisch	6	Weniger kritisch	3	Kritisch	6	Weniger kritisch	3	Weniger kritisch	3	Weniger kritisch	3		
Mögliche Folgen eines Funktionsausfalls																						
Kollision des Fahrzeugs oder der gesteuerten Bauteile mit dem schnell fließenden Verkehr einer Richtungsfahrbahn	Sehr wahrscheinlich	10	Sehr wahrscheinl	10	Wahrscheinlich	6	Weniger wahrscheinlich	3	Sehr wahrsch	10	Weniger wahrsch	3	Wahrscheinlich	6	Weniger wahrsch	3	Unwahrscheinlich	1	Weniger wahrscheinlich	3	Weniger wahrsche	3
Kollision des Fahrzeugs oder der gesteuerten Bauteile mit dem Gegenverkehr	Wahrscheinlich	6	Wahrscheinlich	6	Unwahrscheinlich	1	Unwahrscheinlich	1	Wahrscheinlic	6	Unwahrscheinlich	1	Weniger wahrs	3	Unwahrscheinlich	1	Unwahrscheinlich	1	Unwahrscheinlich	1		
Kollision des Fahrzeugs oder der gesteuerten Bauteile mit Personen, Gegenständen oder Fahrzeugen auf der eigenen Fahrspur	Sehr wahrscheinlich	10	Sehr wahrscheinl	10	Wahrscheinlich	6	Weniger wahrscheinlich	3	Wahrscheinlic	6	Weniger wahrsch	3	Sehr wahrschein	10	Weniger wahrsch	3	Unwahrscheinlich	1	Weniger wahrscheinlic	3	Weniger wahrsche	3
Gesamtrisiko		129		136		102		60		141		80		141		99		47		76		76
Hohes Risikopotenzial (> 100)		x		x		x				x				x								
Mittleres Risikopotenzial (> 75)																						
Niedriges Risikopotenzial (> 50)								x														
Kein relevantes Risikopotenzial (< 50)																						

Auswahlfelder	Wichtung
Sehr wahrscheinlich	10
Wahrscheinlich	6
Weniger wahrscheinlich	3
Unwahrscheinlich	1
Hoch	10
Mittel	6
Niedrig	3
Vernachlässigbar	1
Nicht vorhanden	10
Niedrig	6
Mittel	3
Hoch	1
Sehr kritisch	10
Kritisch	6
Weniger kritisch	3
Unkritisch	1

Anhang 6: Checkliste zur Identifikation potenzieller funktionaler Sicherheitsrisiken für UC5

Bewertungskriterium	Funktion Selbstfahrendes Trägerfahrzeug für Vorwarntafel										Funktion Gerätesteuerung (Absetzvorrichtung)										
	Trajektorie bestimmen	Fahrzeugsysteme steuern	Bremsen	Antreiben	Lenken	Licht steuern	Umfeld überwachen	Extern kommunizieren	Extern kommunizieren	Arbeitsauftrag bestimmen	Aufbaugerät steuern										
Gefährdung von Personen in der Nähe bei fehlerhafter Funktion	Sehr wahrscheinlich	10	Sehr wahrscheinlich	10	Wahrscheinlich	6	Weniger wahrscheinl	3	Sehr wahrscheinlich	10	Weniger wahrscheinl	3	Sehr wahrscheinlich	10	Unwahrscheinlich	1	Unwahrscheinlich	1	Unwahrscheinlich	1	
Gefährdung für andere Verkehrsteilnehmer bei fehlerhafter Funktion	Sehr wahrscheinlich	10	Sehr wahrscheinlich	10	Wahrscheinlich	6	Weniger wahrscheinl	3	Sehr wahrscheinlich	10	Weniger wahrscheinl	3	Sehr wahrscheinlich	10	Unwahrscheinlich	1	Unwahrscheinlich	1	Unwahrscheinlich	1	
Schadensschwere																					
Gefahr von leichten bis mittelschweren Verletzungen von Personen bei fehlerhafter Funktion	Hoch	10	Hoch	10	Hoch	10	Mittel	6	Hoch	10	Mittel	6	Hoch	10	Niedrig	3	Niedrig	3	Niedrig	3	
Gefahr von schweren bis tödlichen Verletzungen von Personen bei fehlerhafter Funktion	Mittel	6	Mittel	6	Mittel	6	Niedrig	3	Mittel	6	Niedrig	3	Mittel	6	Niedrig	3	Niedrig	3	Niedrig	3	
Häufigkeit der sicherheitsrelevanten Betriebsituationen																					
Häufigkeit der Betriebsituationen, die bei Funktionsausfall potenziell gefährlich sind	Hoch	10	Hoch	10	Hoch	10	Mittel	6	Hoch	10	Mittel	6	Hoch	10	Hoch	10	Hoch	10	Hoch	10	
Kontrollierbarkeit bei Funktionsausfall																					
Vorhandensein einer Eingriffsmöglichkeit und die Erfolgswahrscheinlichkeit mit der ein Fahrer oder Operator bei Funktionsausfall einen Schaden abwenden kann	Nicht vorhanden	10	Nicht vorhanden	10	Nicht vorhand	10	Nicht vorhanden	10	Nicht vorhanden	10	Nicht vorhanden	10	Nicht vorhanden	10	Mittel	3	Hoch	1	Mittel	3	
Vorhandensein einer Eingriffsmöglichkeit und die Erfolgswahrscheinlichkeit mit der ein anderes elektronisches System bei Funktionsausfall einen Schaden abwenden kann	Mittel	3	Niedrig	6	Niedrig	6	Mittel	3	Mittel	3	Nicht vorhanden	10	Nicht vorhanden	10	Mittel	3	Mittel	3	Mittel	3	
Ausfallszenarien																					
Ungewollte Betätigung der Funktion	Kritisch	6	Kritisch	6	Kritisch	6	Kritisch	6	Sehr kritisch	10	Unkritisch	1	Kritisch	6	Weniger kritisch	3	Weniger kritisch	3	Weniger kritisch	3	
Ausbleiben der Funktion nach Betätigung	Unkritisch	1	Kritisch	6	Sehr kritisch	10	Unkritisch	1	Sehr kritisch	10	Weniger kritisch	3	Kritisch	6	Weniger kritisch	3	Unkritisch	1	Unkritisch	1	
Ist-Verhalten der Funktion weicht deutlich vom Soll-Verhalten ab	Sehr kritisch	10	Sehr kritisch	10	Kritisch	6	Weniger kritisch	3	Sehr kritisch	10	Kritisch	6	Sehr kritisch	10	Kritisch	6	Weniger kritisch	3	Kritisch	6	
Umkehr der Wirkrichtung der Funktion	Sehr kritisch	10	Kritisch	6	0	0	0	Sehr kritisch	10	Kritisch	6	Sehr kritisch	10	0	Kritisch	6	Weniger kritisch	3	Kritisch	6	
Verzögertes Ansprechen der Funktion	Weniger kritisch	3	Kritisch	6	Weniger kritis	3	Weniger kritisch	3	Weniger kritisch	3	Weniger kritisch	3	Weniger kritisch	3	Unkritisch	1	Unkritisch	1	Unkritisch	1	
Mögliche Folgen eines Funktionsausfalls																					
Kollision des Fahrzeugs oder der gesteuerten Bauteile mit dem schnell fließenden Verkehr einer Richtungsfahrbahn	Sehr wahrscheinlich	10	Sehr wahrscheinlich	10	Wahrscheinlich	6	Weniger wahrscheinl	3	Sehr wahrscheinlich	10	Weniger wahrscheinl	3	Wahrscheinlich	6	Weniger wahrscheinlich	3	Unwahrscheinlich	1	Unwahrscheinlich	1	
Kollision des Fahrzeugs oder der gesteuerten Bauteile mit dem Gegenverkehr	Unwahrscheinlich	1	Unwahrscheinlich	1	Unwahrscheinl	1	Unwahrscheinlich	1	Unwahrscheinlich	1	Unwahrscheinlich	1	Unwahrscheinlich	1	Unwahrscheinlich	1	Unwahrscheinlich	1	Unwahrscheinlich	1	
Kollision des Fahrzeugs oder der gesteuerten Bauteile mit Personen, Gegenständen oder Fahrzeugen auf der eigenen Fahrspur	Sehr wahrscheinlich	10	Sehr wahrscheinlich	10	Wahrscheinlich	6	Weniger wahrscheinl	3	Wahrscheinlich	6	Weniger wahrscheinl	3	Wahrscheinlich	6	Weniger wahrscheinlich	3	Weniger wahrscheinlic	3	Weniger wahrsche	3	
Gesamtrisiko		110		117		92		54		119		67		114		85		46		38	46
Hohes Risikopotenzial (> 100)		x		x						x				x							
Mittleres Risikopotenzial (> 75)						x										x					
Niedriges Risikopotenzial (> 50)								x				x									
Kein relevantes Risikopotenzial (< 50)																	x		x		x

Auswahlfelder	Wichtung
Sehr wahrscheinlich	10
Wahrscheinlich	6
Weniger wahrscheinlich	3
Unwahrscheinlich	1
Hoch	10
Mittel	6
Niedrig	3
Vernachlässigbar	1
Nicht vorhanden	10
Niedrig	6
Mittel	3
Hoch	1
Sehr kritisch	10
Kritisch	6
Weniger kritisch	3
Unkritisch	1

Anhang 7: Checkliste zur Identifikation potenzieller funktionaler Sicherheitsrisiken für UC9

Bewertungskriterium	Funktion Basisflugzeug										Funktion Gerätesteuerung					
	Trajektorie bestimmen		Bewegung steuern		Propeller antreiben		Umfeld überwachen		Energie managen		Extern kommunizieren		Extern kommunizieren		Kamera steuern	
Gefährdung des Bedieners bei fehlerhafter Funktion	Unwahrscheinlich	1	Unwahrscheinlich	1	Unwahrscheinlich	1	Unwahrscheinlich	1								
Gefährdung von Personen in der Nähe bei fehlerhafter Funktion	Wahrscheinlich	6	Wahrscheinlich	6	Unwahrscheinlich	1	Unwahrscheinlich	1								
Gefährdung für andere Verkehrsteilnehmer bei fehlerhafter Funktion	Wahrscheinlich	6	Wahrscheinlich	6	Wahrscheinlich	6	Wahrscheinlich	6	Unwahrscheinlich	1	Wahrscheinlich	6	Unwahrscheinlich	1	Unwahrscheinlich	1
Schadensschwere																
Gefahr von leichten bis mittelschweren Verletzungen von Personen bei fehlerhafter Funktion	Hoch	10	Hoch	10	Vernachlässigbar	1	Vernachlässigbar	1								
Gefahr von schweren bis tödlichen Verletzungen von Personen bei fehlerhafter Funktion	Mittel	6	Mittel	6	Vernachlässigbar	1	Vernachlässigbar	1								
Häufigkeit der sicherheitsrelevanten Betriebsituationen																
Häufigkeit der Betriebsituationen, die bei Funktionsausfall potenziell gefährlich sind	Hoch	10	Hoch	10	Hoch	10	Hoch	10								
Kontrollierbarkeit bei Funktionsausfall																
Wahrscheinlichkeit mit der ein Fahrer oder Operator bei Funktionsausfall einen möglichen Schaden durch Eingreifen abwenden kann	Nicht vorhanden	10	Nicht vorhanden	10	Nicht vorhanden	10	Nicht vorhanden	10								
Ausfallszenarien																
Ungewollte Betätigung der Funktion	Weniger kritisch	3	Weniger kritisch	3	Kritisch	6	Weniger kritisch	3	Weniger kritisch	3	Unkritisch	1	Unkritisch	1	Unkritisch	1
Ausbleiben der Funktion nach Betätigung	Weniger kritisch	3	Weniger kritisch	3	Kritisch	6	Kritisch	6	Kritisch	6	Kritisch	6	Unkritisch	1	Unkritisch	1
Ist-Verhalten der Funktion weicht deutlich vom Soll-Verhalten ab	Kritisch	6	Kritisch	6	Unkritisch	1	Unkritisch	1								
Umkehr der Wirkrichtung der Funktion	Kritisch	6	Kritisch	6	Kritisch	6		0		0	Weniger kritisch	3	Unkritisch	1	Unkritisch	1
Verzögertes Ansprechen der Funktion	Weniger kritisch	3	Weniger kritisch	3	Unkritisch	1	Unkritisch	1								
Mögliche Folgen eines Funktionsausfalls																
Kollision des Fahrzeugs oder der gesteuerten Bauteile mit dem schnell fließenden Verkehr einer Richtungsfahrbahn	Wahrscheinlich	6	Wahrscheinlich	6	Unwahrscheinlich	1	Unwahrscheinlich	1								
Kollision des Fahrzeugs oder der gesteuerten Bauteile mit dem Gegenverkehr	Weniger wahrscheinlich	0	Weniger wahrscheinlich	0	Weniger wahrscheinlich	3	Weniger wahrscheinlich	3	Weniger wahrscheinlich	3	Weniger wahrscheinlich	3	Unwahrscheinlich	1	Unwahrscheinlich	1
Kollision des Fahrzeugs oder der gesteuerten Bauteile mit Personen, Gegenständen oder Fahrzeugen auf der eigenen Fahrspur	Wahrscheinlich	6	Wahrscheinlich	6	Unwahrscheinlich	1	Unwahrscheinlich	1								
Gesamtrisiko		82		82		91		82		77		83		33		33
Hohes Risikopotenzial (> 100)																
Mittleres Risikopotenzial (> 75)		x		x		x		x		x		x				
Niedriges Risikopotenzial (> 50)																
Kein relevantes Risikopotenzial (< 50)													x			x

Auswahlfelder	Wichtung
Sehr wahrscheinlich	10
Wahrscheinlich	6
Weniger wahrscheinlich	3
Unwahrscheinlich	1
Hoch	10
Mittel	6
Niedrig	3
Vernachlässigbar	1
Nicht vorhanden	10
Niedrig	6
Mittel	3
Hoch	1
Sehr kritisch	10
Kritisch	6
Weniger kritisch	3
Unkritisch	1

Anhang 8: Checkliste zur Identifikation potenzieller Cybersecurity-Risiken für UC3

Checkliste zur Identifikation potenzieller Cybersecurity-Risiken - Use Case 3: Fahrstreifen absichern mit einem autonomen Absicherungsfahrzeug																
Sub-Systeme (inklusive Schnittstellen)																
	Missions-Kontroll-Einheit (MKE)	Zentrale-Fahr-Steuerung (ZFS)	Fahrer-Assistenz-System (FAS)	Getriebe-Steuer-Gerät (GSG)	Motor-Steuer-Gerät (MSG)	Steer-By-Wire-System (SBW)	Licht-Steuer-Gerät (LSG)	Brake-By-Wire-System (BBW)	Reifen-Druck-Kontroll-System (RDKS)	Arbeits-Geräte-Steuerung (AGS)						
Cybersecurity Eigenschaften																
Vertraulichkeit																
Schutz der technischen Daten vor unberechtigtem Zugang	Stark betroffen	10	Stark betroffen	10	Wenig betroffen	3	Wenig betroffen	3	Wenig betroffen	3	Wenig betroffen	3	Wenig betroffen	3	Wenig betroffen	3
Schutz der Meta-Daten vor unberechtigtem Zugang (Fahrzeugidentifikation, Einsatzdauer, -ort, Betriebsstunden, Pausenzeiten, Personeninformationen etc.)	Stark betroffen	10	Stark betroffen	10	Wenig betroffen	3	Wenig betroffen	3	Wenig betroffen	3	Wenig betroffen	3	Wenig betroffen	3	Wenig betroffen	3
Unversehrtheit																
Schutz der Daten und Funktionen vor Manipulation	Stark betroffen	10	Stark betroffen	10	Betroffen	6	Wenig betroffen	3	Wenig betroffen	3	Wenig betroffen	3	Wenig betroffen	3	Wenig betroffen	3
Verfügbarkeit																
Sicherstellen der Systemverfügbarkeit	Stark betroffen	10	Stark betroffen	10	Betroffen	6	Betroffen	6	Betroffen	6	Betroffen	6	Betroffen	6	Betroffen	6
Mögliche Auswirkungen eines Cyberangriffs																
Einschränkung der Sicherheit																
Einschätzung der möglichen Auswirkungen auf die Sicherheit von Personen durch einen Cyberangriff auf das System	Hoch	10	Hoch	10	Hoch	10	Niedrig	3	Mittel	6	Hoch	10	Niedrig	3	Hoch	10
Verlust finanzieller Werte																
Einschätzung der möglichen Schwere eines finanziellen Schadens durch einen Cyberangriff auf das System	Hoch	10	Hoch	10	Hoch	10	Mittel	6	Mittel	6	Hoch	10	Niedrig	3	Hoch	10
Einschränkung der Gesamtverfügbarkeit																
Einschätzung der möglichen Auswirkungen eines Cyberangriffs auf die Verfügbarkeit des Systems	Hoch	10	Hoch	10	Hoch	10	Hoch	10	Hoch	10	Hoch	10	Hoch	10	Mittel	6
Einschränkung oder Verlust des Datenschutzes																
Einschätzung der möglichen Auswirkungen auf den Schutz von persönlichen Daten durch einen Cyberangriff auf das System	Mittel	6	Mittel	6	Mittel	6	Niedrig	3	Niedrig	3	Niedrig	3	Niedrig	3	Niedrig	3
Mögliche Pfade eines Cyberangriffs (Gesamtsystem und Sub-Systeme im Fahrzeug)																
System- und Fahrzeugschnittstellen																
Drahtlosverbindung mit dem Internet oder Mobilfunknetz (x4)	Vorhanden	16	Vorhanden	16	Nicht vorhanden	0	Nicht vorhanden	0	Nicht vorhanden	0	Nicht vorhanden	0	Nicht vorhanden	0	Nicht vorhanden	0
Lokale Drahtlosverbindung mit begrenzter Reichweite (z.B. Bluetooth, lokales WLAN) (x2)	Vorhanden	8	Vorhanden	8	Nicht vorhanden	0	Nicht vorhanden	0	Nicht vorhanden	0	Nicht vorhanden	0	Nicht vorhanden	0	Vorhanden	8
GNSS (GPS oder anderes Positionssystem) (x2)	Nicht vorhanden	0	Nicht vorhanden	0	Nicht vorhanden	0	Nicht vorhanden	0	Nicht vorhanden	0	Nicht vorhanden	0	Nicht vorhanden	0	Nicht vorhanden	0
Interne physische Schnittstellen (z.B. CAN, Ethernet) (x0,5)	Nicht vorhanden	0	Vorhanden	2	Vorhanden	2	Vorhanden	2	Vorhanden	2	Vorhanden	2	Vorhanden	2	Vorhanden	2
Externe physische Schnittstellen (z.B. OBD, USB)	Nicht vorhanden	0	Vorhanden	4	Vorhanden	4	Vorhanden	4	Vorhanden	4	Vorhanden	4	Vorhanden	4	Vorhanden	4
Gesamtrisiko		100		106		60		43		46		54		40		54
Hohes Risikopotenzial (> 80)		x		x												
Mittleres Risikopotenzial (> 50)						x						x			x	
Niedriges Risikopotenzial (> 10)								x			x			x		
Kein relevantes Risikopotenzial (< 10)																
Mögliche Pfade eines Cyberangriffs (Außerhalb des Fahrzeugs)																
Zugang zu Steuereinrichtungen																
Steuerung nur von einem oder mehreren stationären PC's in Räumen mit Zugangsbeschränkung					Geringses Risiko	1										
Steuerung von einem oder mehreren stationären PC's in Räumen ohne Zugangsbeschränkung					Hohes Risiko	10										
Steuerung über mobile Endgeräte an beliebigen Orten (z.B. Laptop, Tablet) mit Zugangsbeschränkung					Mittleres Risiko	3										
Steuerung über mobile Endgeräte an beliebigen Orten (z.B. Laptop, Tablet) ohne Zugangsbeschränkung					Hohes Risiko	10										
Zugang zu Produktions- und Montageeinrichtungen																
Produktion oder Montage unter Serienbedingungen in abgesichertem und zugangsbeschränkten Räumen					Geringses Risiko	1										
Produktion oder Montage unter Kleinserienbedingungen oder Musterbau in flexiblen Werkstätten mit Zugangskontrolle					Geringses Risiko	1										
Produktion oder Montage unter Serienbedingungen ohne Zugangskontrolle					Erhöhtes Risiko	6										
Produktion oder Montage unter Kleinserienbedingungen oder Musterbau in flexiblen Werkstätten ohne Zugangskontrolle					Erhöhtes Risiko	6										
Zugang zu Wartungseinrichtungen																
Durchführung von Software-Updates nur in abgesicherter und zugangsbeschränkter Umgebung					Geringses Risiko	1										
Wartung und Reparaturen nur in abgesicherter und zugangsbeschränkter Umgebung					Geringses Risiko	1										
Durchführung von Software-Updates auch in nicht abgesicherten und zugangsbeschränkten Umgebungen					Hohes Risiko	10										
Wartung und Reparaturen auch in nicht abgesicherten und zugangsbeschränkten Umgebungen					Hohes Risiko	10										

Auswahlfelder	Wichtung
Stark betroffen	10
Betroffen	6
Wenig betroffen	3
Nicht betroffen	1
Hoch	10
Mittel	6
Niedrig	3
Vernachlässigbar	1
Vorhanden	4
Nicht vorhanden	0
Hohes Risiko	10
Erhöhtes Risiko	6
Mittleres Risiko	3
Geringses Risiko	1

Anhang 9: Checkliste zur Identifikation potenzieller Cybersecurity-Risiken für UC5

Sub-Systeme (inklusive Schnittstellen)																
	Missions-Kontroll-Einheit (MKE)	Zentrale-Fahr-Steuerung (ZFS)	Fahrer-Assistenz-System (FAS)	Motor-Steuer-Gerät (MSG)	Steer-By-Wire-System (SBW)	Licht-Steuer-Gerät (LSG)	Brake-By-Wire-System (BBW)	Arbeits-Geräte-Steuerung (AGS)								
Cybersecurity Eigenschaften																
Vertraulichkeit																
Schutz der technischen Daten vor unberechtigtem Zugang	Stark betroffen	10	Stark betroffen	10	Wenig betroffen	3	Wenig betroffen	3	Wenig betroffen	3	Wenig betroffen	3	Wenig betroffen	3		
Schutz der Meta-Daten vor unberechtigtem Zugang (Fahrzeugidentifikation, Einsatzdauer, -ort, Betriebsstunden, Pausenzeiten, Personeninformationen etc.)	Stark betroffen	10	Stark betroffen	10	Wenig betroffen	3	Wenig betroffen	3	Wenig betroffen	3	Wenig betroffen	3	Wenig betroffen	3		
Unversehrtheit																
Schutz der Daten und Funktionen vor Manipulation	Stark betroffen	10	Stark betroffen	10	Betroffen	6	Wenig betroffen	3	Wenig betroffen	3	Wenig betroffen	3	Wenig betroffen	3		
Verfügbarkeit																
Sicherstellen der Systemverfügbarkeit	Stark betroffen	10	Stark betroffen	10	Betroffen	6	Betroffen	6	Betroffen	6	Betroffen	6	Betroffen	6		
Mögliche Auswirkungen eines Cyberangriffs																
Einschränkung der Sicherheit																
Einschätzung der möglichen Auswirkungen auf die Sicherheit von Personen durch einen Cyberangriff auf das System	Hoch	10	Hoch	10	Hoch	10	Mittel	6	Hoch	10	Mittel	6	Hoch	10	Niedrig	3
Verlust finanzieller Werte																
Einschätzung der möglichen Schwere eines finanziellen Schadens durch einen Cyberangriff auf das System	Hoch	10	Hoch	10	Hoch	10	Mittel	6	Hoch	10	Niedrig	3	Hoch	10	Mittel	6
Einschränkung der Gesamtverfügbarkeit																
Einschätzung der möglichen Auswirkungen eines Cyberangriffs auf die Verfügbarkeit des Systems	Hoch	10	Hoch	10	Hoch	10	Hoch	10	Hoch	10	Hoch	10	Hoch	10	Hoch	10
Einschränkung oder Verlust des Datenschutzes																
Einschätzung der möglichen Auswirkungen auf den Schutz von persönlichen Daten durch einen Cyberangriff auf das System	Mittel	6	Mittel	6	Mittel	6	Niedrig	3	Niedrig	3	Niedrig	3	Niedrig	3	Niedrig	3
Mögliche Pfade eines Cyberangriffs (Gesamtsystem und Sub-Systeme im Fahrzeug)																
System- und Fahrzeugschnittstellen																
Drahtlosverbindung mit dem Internet oder Mobilfunknetz (x4)	Vorhanden	16	Vorhanden	16	Nicht vorhanden	0	Nicht vorhanden	0	Nicht vorhanden	0	Nicht vorhanden	0	Nicht vorhanden	0	Vorhanden	16
Lokale Drahtlosverbindung mit begrenzter Reichweite (z.B. Bluetooth, lokales WLAN) (x2)	Vorhanden	8	Vorhanden	8	Nicht vorhanden	0	Nicht vorhanden	0	Nicht vorhanden	0	Nicht vorhanden	0	Nicht vorhanden	0	Nicht vorhanden	0
GNSS (GPS oder anderes Positionssystem) (x2)	Nicht vorhanden	0	Vorhanden	8	Nicht vorhanden	0	Nicht vorhanden	0	Nicht vorhanden	0	Nicht vorhanden	0	Nicht vorhanden	0	Vorhanden	8
Interne physische Schnittstellen (z.B. CAN, Ethernet) (x0,5)	Nicht vorhanden	0	Vorhanden	2	Vorhanden	2	Vorhanden	2	Vorhanden	2	Vorhanden	2	Vorhanden	2	Vorhanden	2
Externe physische Schnittstellen (z.B. OBD, USB)	Nicht vorhanden	0	Vorhanden	4	Vorhanden	4	Vorhanden	4	Vorhanden	4	Vorhanden	4	Vorhanden	4	Vorhanden	4
Gesamtrisiko		100		114		60		46		54		43		54		67
Hohes Risikopotenzial (> 80)		x		x												
Mittleres Risikopotenzial (> 50)						x				x				x		x
Niedriges Risikopotenzial (> 10)								x				x				
Kein relevantes Risikopotenzial (< 10)																

Mögliche Pfade eines Cyberangriffs (Außerhalb des Fahrzeugs)		
Zugang zu Steuereinrichtungen		
Steuerung nur von einem oder mehreren stationären PC's in Räumen mit Zugangsbeschränkung	Geringes Risiko	1
Steuerung von einem oder mehreren stationären PC's in Räumen ohne Zugangsbeschränkung	Erhöhtes Risiko	6
Steuerung über mobile Endgeräte an beliebigen Orten (z.B. Laptop, Tablet) mit Zugangsbeschränkung	Mittleres Risiko	3
Steuerung über mobile Endgeräte an beliebigen Orten (z.B. Laptop, Tablet) ohne Zugangsbeschränkung	Hohes Risiko	10
Zugang zu Produktions- und Montageeinrichtungen		
Produktion oder Montage unter Serienbedingungen in abgesichertem und zugangsbeschränkten Räumen	Geringes Risiko	1
Produktion oder Montage unter Kleinserienbedingungen oder Musterbau in flexiblen Werkstätten mit Zugangskontrolle	Geringes Risiko	1
Produktion oder Montage unter Serienbedingungen ohne Zugangskontrolle	Erhöhtes Risiko	6
Produktion oder Montage unter Kleinserienbedingungen oder Musterbau in flexiblen Werkstätten ohne Zugangskontrolle	Erhöhtes Risiko	6
Zugang zu Wartungseinrichtungen		
Durchführung von Software-Updates nur in abgesicherter und zugangsbeschränkter Umgebung	Geringes Risiko	1
Wartung und Reparaturen nur in abgesicherter und zugangsbeschränkter Umgebung	Geringes Risiko	1
Durchführung von Software-Updates auch in nicht abgesicherten und zugangsbeschränkten Umgebungen	Erhöhtes Risiko	6
Wartung und Reparaturen auch in nicht abgesicherten und zugangsbeschränkten Umgebungen	Erhöhtes Risiko	6

Auswahlfelder	Wichtung
Stark betroffen	10
Betroffen	6
Wenig betroffen	3
Nicht betroffen	1
Hoch	10
Mittel	6
Niedrig	3
Vernachlässigbar	1
Vorhanden	4
Nicht vorhanden	0
Hohes Risiko	10
Erhöhtes Risiko	6
Mittleres Risiko	3
Geringes Risiko	1

Anhang 10: Checkliste zur Identifikation potenzieller Cybersecurity-Risiken für UC9

Checkliste zur Identifikation potenzieller Cybersecurity-Risiken - Use Case 9: Automatisierte Streckenkontrollen mit einer Drohne

Sub-Systeme (inklusive Schnittstellen)										
	Missions-Kontroll-Einheit (MKE)	Flug-Steuer-Gerät (FSG)	Umfeld-Überwachungs-System (UÜS)	Batterie-Lade-Management (BLM); Ladestation	Kamera-Steuerung (KS)					
Cybersecurity Eigenschaften										
Vertraulichkeit										
Schutz der technischen Daten vor unberechtigtem Zugang	Stark betroffen	10	Stark betroffen	10	Wenig betroffen	3	Nicht betroffen	1	Stark betroffen	10
Schutz der Meta-Daten vor unberechtigtem Zugang (Fahrzeugidentifikation, Einsatzdauer, -ort, Betriebsstunden, Pausenzeiten, Personeninformationen etc.)	Stark betroffen	10	Stark betroffen	10	Wenig betroffen	3	Nicht betroffen	1	Stark betroffen	10
Unversehrtheit										
Schutz der Daten und Funktionen vor Manipulation	Stark betroffen	10	Stark betroffen	10	Betroffen	6	Wenig betroffen	3	Wenig betroffen	3
Verfügbarkeit										
Sicherstellen der Systemverfügbarkeit	Stark betroffen	10	Stark betroffen	10	Betroffen	6	Betroffen	6	Betroffen	6
Mögliche Auswirkungen eines Cyberangriffs										
Einschränkung der Sicherheit										
Einschätzung der möglichen Auswirkungen auf die Sicherheit von Personen durch einen Cyberangriff auf das System	Hoch	10	Hoch	10	Mittel	6	Niedrig	3	Vernachlässigbar	1
Verlust finanzieller Werte										
Einschätzung der möglichen Schwere eines finanziellen Schadens durch einen Cyberangriff auf das System	Hoch	10	Hoch	10	Mittel	6	Mittel	6	Niedrig	3
Einschränkung der Gesamtverfügbarkeit										
Einschätzung der möglichen Auswirkungen eines Cyberangriffs auf die Verfügbarkeit des Systems	Hoch	10	Hoch	10	Hoch	10	Hoch	10	Hoch	10
Einschränkung oder Verlust des Datenschutzes										
Einschätzung der möglichen Auswirkungen auf den Schutz von persönlichen Daten durch einen Cyberangriff auf das System	Mittel	6	Mittel	6	Mittel	6	Niedrig	3	Niedrig	3
Mögliche Pfade eines Cyberangriffs (Gesamtsystem und Sub-Systeme im Fluggerät)										
System- und Fluggerätschnittstellen										
Drahtlosverbindung mit dem Internet oder Mobilfunknetz (x4)	Vorhanden	16	Vorhanden	16	Nicht vorhanden	0	Vorhanden	16	Nicht vorhanden	0
Lokale Drahtlosverbindung mit begrenzter Reichweite (z.B. Bluetooth, lokales WLAN) (x2)	Vorhanden	8	Vorhanden	8	Nicht vorhanden	0	Vorhanden	8	Nicht vorhanden	0
GNSS (GPS oder anderes Positionssystem) (x2)	Nicht vorhanden	0	Vorhanden	8	Nicht vorhanden	0	Nicht vorhanden	0	Nicht vorhanden	0
Interne physische Schnittstellen (z.B. CAN, Ethernet) (x0,5)	Nicht vorhanden	0	Nicht vorhanden	0	Nicht vorhanden	0	Vorhanden	2	Nicht vorhanden	0
Externe physische Schnittstellen (z.B. OBD, USB)	Nicht vorhanden	0	Nicht vorhanden	0	Nicht vorhanden	0	Vorhanden	4	Nicht vorhanden	0
Gesamtrisiko		100		108		46		63		46
Hohes Risikopotenzial (> 80)		x		x				x		
Mittleres Risikopotenzial (> 50)										
Niedriges Risikopotenzial (> 10)						x				x
Kein relevantes Risikopotenzial (< 10)										

Mögliche Pfade eines Cyberangriffs (Außerhalb des Fluggerätes)			Auswahlfelder	Wichtung
Zugang zu Steuereinrichtungen				
Steuerung nur von einem oder mehreren stationären PC's in Räumen mit Zugangsbeschränkung	Geringes Risiko	1	Stark betroffen	10
Steuerung von einem oder mehreren stationären PC's in Räumen ohne Zugangsbeschränkung	Erhöhtes Risiko	6	Betroffen	6
Steuerung über mobile Endgeräte an beliebigen Orten (z.B. Laptop, Tablet) mit Zugangsbeschränkung	Mittleres Risiko	3	Wenig betroffen	3
Steuerung über mobile Endgeräte an beliebigen Orten (z.B. Laptop, Tablet) ohne Zugangsbeschränkung	Hohes Risiko	10	Nicht betroffen	1
Zugang zu Produktions- und Montageeinrichtungen				
Produktion oder Montage unter Serienbedingungen in abgesichertem und zugangsbeschränkten Räumen	Geringes Risiko	1	Hoch	10
Produktion oder Montage unter Kleinserienbedingungen oder Musterbau in flexiblen Werkstätten mit Zugangskontrolle	Geringes Risiko	1	Mittel	6
Produktion oder Montage unter Serienbedingungen ohne Zugangskontrolle	Erhöhtes Risiko	6	Niedrig	3
Produktion oder Montage unter Kleinserienbedingungen oder Musterbau in flexiblen Werkstätten ohne Zugangskontrolle	Erhöhtes Risiko	6	Vernachlässigbar	1
Zugang zu Wartungseinrichtungen				
Durchführung von Software-Updates nur in abgesicherter und zugangsbeschränkter Umgebung	Geringes Risiko	1	Vorhanden	4
Wartung und Reparaturen nur in abgesicherter und zugangsbeschränkter Umgebung	Geringes Risiko	1	Nicht vorhanden	0
Durchführung von Software-Updates auch in nicht abgesicherten und zugangsbeschränkten Umgebungen	Erhöhtes Risiko	6	Hohes Risiko	10
Wartung und Reparaturen auch in nicht abgesicherten und zugangsbeschränkten Umgebungen	Erhöhtes Risiko	6	Erhöhtes Risiko	6
			Mittleres Risiko	3
			Geringes Risiko	1

**AETAS BAB –
Analyse zum Einsatz von Technologien für autonomes
Fahren im Straßenbetriebsdienst auf BAB**

**Lastenheft (Use Case 3)
System zur Absicherung von Fahrstreifen mit einem
autonomen Absicherungsfahrzeug**

Version 01-00-00

Inhaltsverzeichnis

1. Dokument-Attribute und Abkürzungen	1
2. Einführung in das Problem	2
2.1 Systemübersicht	2
2.2 Bedürfnisse Stakeholder	3
2.2.1 Überblick	3
2.2.2 Autobahn GmbH, ÖPP-Betreiber	3
2.2.3 Nachunternehmer	3
2.2.4 Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch Bundesministerium für Digitales und Verkehr	4
2.2.5 Betriebsrat Autobahn GmbH	4
2.2.6 ADAC, AvD, Speditions- und Logistikverbände	4
2.2.7 Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung	4
2.3 Bedürfnisse Benutzer	5
2.3.1 Überblick	5
2.3.2 Fahrer Absicherungsfahrzeug	5
2.3.3 Straßenwärter	5
2.3.4 Werkstattmitarbeiter	6
2.3.5 Einsatzleiter	6
2.3.6 Technische Aufsicht	6
3. Fähigkeiten und Eigenschaften	7
3.1 Funktionale Anforderungen	7
3.1.1 Strukturdiagramm	7
3.2 Sicherheitsziele / Sicherheitsanforderungen	11
3.3 Cybersecurity-Ziele / -Anforderungen	11
4. Empfehlung / Referenz	12
4.1 Vorgeschlagene funktionale Architektur	12
4.1.1 Missionskontrolle	12
4.1.2 Fahrzeugsteuerung	13
4.1.3 Gerätesteuerung	13
4.2 Vorgeschlagene technische Architektur	13

1. Dokument-Attribute und Abkürzungen

Dokumentenzweck

Das Dokument dient der Spezifikation von Anforderungen an ein autonomes Absicherungsfahrzeug für den Einsatz im Straßenbetriebsdienst. Mit diesem System soll die Realisierung des Use Cases „System zur Absicherung von Fahrstreifen mit einem autonomen Absicherungsfahrzeug“ im Rahmen des Projekts AETAS BAB ermöglicht werden.

Autoren

	 Steinbeis-Transferzentrum Infrastrukturmanagement im Verkehrswesen (IMV)	 KoDeCs Kobus Development & Consulting
Dipl.-Ing. Christian Lüpkes c.luepkes@albrechtconsult.com	Prof. Dr.-Ing. Christian Holldorb Christian.Holldorb@stw.de	Dipl.-Ing. Frank Zielke Frank.Zielke@KoDeCs.de
Daniel Kleer, M.Sc. d.kleer@albrechtconsult.com		

Einschränkungen/Kommentar

Dieses Lastenheft im Rahmen des Projekts AETAS BAB stellt keine ausschöpfende Beschreibung einer Lieferleistung für automatisierte Fahr- oder Gerätefunktionen dar, sondern soll Anregungen für Entwickler liefern und als Orientierung dienen.

Adressaten

Das vorliegende Dokument richtet sich an alle Personen, die sich mit der Entwicklung von Automatisierungsfunktionen im Nutzfahrzeugbereich, insbesondere im Straßenbetriebsdienst befassen.

Abkürzungen

Akronym	Langbezeichnung
ADAC	Allgemeine Deutsche Automobil-Club
AdB	Autobahn GmbH des Bundes
aFAS	automatisch fahrerlos fahrendes Absicherungsfahrzeug für Arbeitsstellen auf Bundesautobahnen
AkD	Arbeitsstellen kürzerer Dauer
AvD	Automobilclub von Deutschland
FA	Funktionale Anforderung
ÖPP	Öffentlich-private Partnerschaft
UC	Use Case

2. Einführung in das Problem

2.1 Systemübersicht

In der nachfolgenden Tabelle werden für das System in einem Steckbrief Ziel, Anwendungsbereich, Nutzen und Systembeschränkungen zusammengefasst.

Leistungsbereich / Einsatzbereich	Absicherung auf Fahrstreifen für vorausfahrende Arbeitsfahrzeuge auf dem Fahrstreifen oder Standstreifen.
Kurzbeschreibung	Erweiterung aFAS durch Einsatz auf Fahrstreifen: <ul style="list-style-type: none"> • Einsatz bei mobilen Arbeitsstellen kürzerer Dauer (AkD): autonomer Auf- und Abbau sowie autonome Folgefahrt hinter einem Führungsfahrzeug, • Einsatz bei stationären AkD: autonomer Auf- und Abbau, • Orientierung an Markierung und Umfeld sowie Führungsfahrzeug, • Bediener kann qualifizierter Fahrzeugführer in der Arbeitsstelle sein, technische Aufsicht wird durch Operator in einer zentralen Einheit gewährleistet.
Zielsetzung / Nutzen	<ul style="list-style-type: none"> • Sicherheitsgewinn für das Betriebsdienstpersonal, da keine Fahrer im Absperrfahrzeug sind und kein Ein- und Aussteigen auf der Fahrbahn mehr notwendig ist. • Personal kann andere Aufgaben übernehmen -> Effizienzgewinn.
Akteure	Fahrer Absperrfahrzeug, Fahrer Arbeitsfahrzeug, Operator
Auslöser / Trigger	Alle Arbeitsstellen, bei denen Fahrstreifen abgesperrt werden müssen, insbesondere Reparatur von Fahrbahnschäden, Arbeiten am Mittelstreifen, Arbeiten am Bankett, bei nicht ausreichender Seitenstreifenbreite (in der Praxis wird bis 3 m der rechte Fahrstreifen gesperrt).
Vorbedingungen	AkD kann aufgrund der Verkehrs- und Witterungssituation eingerichtet werden.
Standardablauf / Essenzielle Schritte	<ul style="list-style-type: none"> • Modus Manueller Betrieb: Nicht-autonome Fahrt von Arbeitsfahrzeug und Absperrfahrzeug an Übergabestelle im Vorfeld der AkD (Parkplatz, Betriebsumfahrt etc.), die ein sicheres Verlassen des Fahrzeugs erlaubt. • Modus Gekoppelter Betrieb: Absperrfahrzeug folgt dem Führungsfahrzeug im Verbund (elektron. Deichsel) auf dem 1. Fahrstreifen mit 60 km/h. • Modus Folgebetrieb (max. 10 km/h): An der AkD entfernt sich das Arbeitsfahrzeug auf den Regelabstand (50 bis 100 m), Absperrfahrzeug bleibt stehen (stationäre AkD) oder folgt dem Arbeitsfahrzeug (mobile AkD). • Wechsel der beiden Modi bis zum Ende des Einsatzes, Übernahme des Absperrfahrzeugs an Übergabestelle durch Fahrer oder Abstellen.
Nachbedingungen	Absperrfahrzeug befindet sich im sicheren Zustand, autonome Funktion deaktiviert.
Systemgrenzen / Abgrenzung des Use Cases	<ul style="list-style-type: none"> • Keine autonome An- und Abfahrt auf BAB. Kein Einsatz im nachgeordneten Netz bei Querverkehr, Fußgängern, Radfahrern. • Keine Fernüberwachung oder -steuerung. • Überwachung des Systemzustands durch technische Aufsicht.
Spezielle Anforderungen	<ul style="list-style-type: none"> • Hochautomatisiertes Fahren (Level 4) bis 65 km/h und Platooning marktreif, insbesondere Überquerung der Anschlussstellen; hierfür Anforderung an Sensorik (Beobachtung Verkehr auf Zufahrts-/Einfädelungstreifen), • Arbeitsstellen bei Dunkelheit, • Ausreichende Qualifikation Betriebsdienstpersonal und technische Aufsicht
Nutzenpotenzial	<ul style="list-style-type: none"> • Sicherheitsgewinn für Betriebsdienstpersonal, • Reduktion der Einsätze im Verkehrsraum, • Effizienzgewinn: Fahrer Absperrfahrzeug kann temporär für andere Arbeiten eingesetzt werden.

2.2 Bedürfnisse Stakeholder

2.2.1 Überblick

Stakeholder	Name	Repräsentanz, Rolle
Betreiber Bundesautobahnen	Autobahn GmbH, ÖPP-Betreiber	Operative Durchführung des Straßenbetriebsdienstes auf den Bundesautobahnen
Nachunternehmer	Nachunternehmer (zahlreiche Unternehmen)	Operative Durchführung einzelner Betriebsdienstleistungen incl. Absicherung im Auftrag der Autobahn GmbH, z.B. Schutzplankenreparatur, Markierungsarbeiten
Baulastträger Bundesfernstraßen	Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch Bundesministerium für Digitales und Verkehr	Finanzierung des Straßenbetriebsdienstes auf den Bundesautobahnen und Bundesstraßen Umsetzung des parlamentarisch legitimierten Gemeininteresses
Mitarbeiter	Betriebsrat Autobahn GmbH	Vertretung der Arbeitnehmerinteressen der Autobahn GmbH
Verkehrsteilnehmer	ADAC, AvD, Speditions- und Logistikverbände, etc.	Interessenvertretung der Verkehrsteilnehmer (privater und gewerblicher Kfz-Verkehr)
Unfallversicherung	Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung	Finanzierung von Unfallfolgekosten

2.2.2 Autobahn GmbH, ÖPP-Betreiber

Bedürfnis	Kommentar
Optimierte Arbeitssicherheit	Minimierung der Gefährdungen für das Betriebsdienstpersonal
Effizienter Betriebsablauf	Optimierte Durchführung der AkD auf Fahrstreifen
Optimierte Investitionen	Geringe Investitionskosten bei langer Nutzungsdauer
Systemintegration	Integration in das Baustellenmanagement und in Systeme zur Einsatzplanung, -steuerung und -dokumentation
Optimierter Betrieb	Minimierte Aufwendungen zum Betrieb (Nutzen, Warten, Reparieren)
Marktneutralität	System soll marktneutral in Fahrzeugen versch. Hersteller nutzbar sein

2.2.3 Nachunternehmer

Bedürfnis	Kommentar
Optimierte Arbeitssicherheit	Minimierung der Gefährdungen für das Betriebsdienstpersonal
Effizienter Betriebsablauf	Optimierte Durchführung der AkD auf Fahrstreifen
Optimierte Investitionen	Geringe Investitionskosten bei langer Nutzungsdauer
Optimierter Betrieb	Minimierte Aufwendungen zum Betrieb (Nutzen, Warten, Reparieren)
Marktneutralität	System soll marktneutral in Fahrzeugen versch. Hersteller nutzbar sein

2.2.4 Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch Bundesministerium für Digitales und Verkehr

Bedürfnis	Kommentar
Wirtschaftlicher Einsatz der Haushaltsmittel	Minimierung der Kosten für AkD (Vollkosten für Personal und Maschinen)
Sicherheit und Leichtigkeit des Verkehrs	Minimierung der Gefährdungen für Verkehrsteilnehmer durch AkD Minimierung von Verkehrsbehinderungen durch AkD (Minimierung der Einschränkungen von Kapazität und Geschwindigkeit)
Innovationsförderung	Förderung von technischen Innovationen im Bereich des automatisierten Fahrens

2.2.5 Betriebsrat Autobahn GmbH

Bedürfnis	Kommentar
Optimierte Arbeitsbedingungen für die Mitarbeiter	Sichere, ergonomische und komfortable Arbeitsbedingungen
Minimierung des Unfallrisikos	Minimierung der Gefährdungen der Straßenwärter in AkD
Ausreichende Qualifikation der Mitarbeiter	Anpassung der Benutzerschnittstellen an die vorhandene Qualifikation der Mitarbeiter Ausreichende Schulung zur Nutzung des Systems

2.2.6 ADAC, AvD, Speditions- und Logistikverbände

Bedürfnis	Kommentar
Minimierung von Verkehrsbehinderungen	Minimierung von Staus, keine Verkehrsbeschränkungen für Lkw, AkD zu verkehrssamen Zeiten
Minimierung der Gefährdungen für die Verkehrsteilnehmer	Optimierte Ausstattung der AkD zur Minimierung des Gefährdungsrisikos (Anprallschutz) Minimierung der Gefährdung am Stauende durch Reduktion von Verkehrsstaus
Information, Warnung über AkD	Automatische Warnung und Information der Verkehrsteilnehmer

2.2.7 Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung

Bedürfnis	Kommentar
Optimierung der Arbeitssicherheit	Minimierung der Unfallfolgekosten durch Minimierung des Gefährdungsrisikos und der Unfallschwere für das Betriebsdienstpersonal
Optimierung der Verkehrssicherheit	Minimierung der Unfallfolgekosten durch Minimierung des Gefährdungsrisikos und der Unfallschwere für gewerbliche Verkehrsteilnehmer

2.3 Bedürfnisse Benutzer

2.3.1 Überblick

Benutzer	Beschreibung	Stakeholder
Fahrer Absicherungsfahrzeug	Operativer Mitarbeiter, der das Absicherungsfahrzeug fährt und bedient	Betreiber Bundesautobahnen, Nachunternehmer
Straßenwärter	Operativer Mitarbeiter, der in der AkD eingesetzt wird	Betreiber Bundesautobahnen, Nachunternehmer
Werkstattmitarbeiter	Mitarbeiter, der einfache Wartungstätigkeiten am Absicherungsfahrzeug durchführt	Betreiber Bundesautobahnen, Nachunternehmer
Einsatzleiter	Mitarbeiter der die Einsatzplanung durchführt, z.B. Meistereileiter, Stellvertreter	Betreiber Bundesautobahnen, Nachunternehmer
Technische Aufsicht	Qualifizierte Person gemäß der Verordnung zur Regelung des Betriebs von Kraftfahrzeugen mit automatisierter und autonomer Fahrfunktion und zur Änderung straßenverkehrsrechtlicher Vorschriften	Betreiber Bundesautobahnen, Nachunternehmer

2.3.2 Fahrer Absicherungsfahrzeug

Bedürfnis	Kommentar
Benutzerfreundlichkeit	Intuitive Bedienung, geringer Einarbeitungsaufwand, keine überflüssigen Funktionen
Sicheres Ein- und Aussteigen	Minimierung der Gefährdungen durch den fließenden Verkehr
Zuverlässigkeit	Hohe Systemstabilität, Minimierung der Häufigkeit des Zustandes „Sicheres Anhalten“ auf der Strecke
Eindeutige Einsatzgrenzen	Eindeutige und einfach bestimmbare Einsatzgrenzen (Verkehr, Witterung, Fahrbahn etc.)
Nutzenstiftende Arbeitsabläufe	Eindeutige Prozessabläufe und sinnvolle Integration in die Arbeitsabläufe während des autonomen Betriebs des Absicherungsfahrzeugs

2.3.3 Straßenwärter

Bedürfnis	Kommentar
Benutzerfreundlichkeit	Intuitive Bedienung, geringer Einarbeitungsaufwand, keine überflüssigen Funktionen bei der Überwachung, Einfache Modus-Wahl für das Absicherungsfahrzeug, eindeutige Statusanzeige
Zuverlässigkeit	Einhaltung der Soll-Vorgaben zur Absicherung der AkD (Abstände, Spurtreue etc.) Minimierung der Häufigkeit des Zustandes „Sicheres Anhalten“ auf der Strecke

2.3.4 Werkstattmitarbeiter

Bedürfnis	Kommentar
Wartungsfreundlichkeit	Einfache Zugänglichkeit der Bauteile, einfacher Ein- und Ausbau der Bauteile, einfache Diagnose und Systemtests
Zuverlässigkeit	Minimierung von Systemausfällen im Einsatz, die Werkstattmitarbeiter erforderlich machen
Klare Systemdokumentation	Transparente Systembeschreibung, eindeutige Wartungspläne, eindeutige Einbau- und Inbetriebnahmeanleitungen

2.3.5 Einsatzleiter

Bedürfnis	Kommentar
Hohe Verfügbarkeit	Minimierung der Einsatzgrenzen infolge unzureichender Verkehrs-, Witterungs-, Sicht- oder Streckenbedingungen
Zuverlässigkeit	Minimierung von Systemausfällen im Einsatz, die zu ineffizienten Arbeitsabläufen und -stillstand führen
Modulare Verwendbarkeit	Flexible Nutzung in unterschiedlichen Fahrzeugkombinationen (keine feste Zuordnung von Absicherungs- und Arbeitsfahrzeugen)

2.3.6 Technische Aufsicht

Bedürfnis	Kommentar
Automatisierte Warn- und Zustandsmeldungen	Automatisierte akustische und optische Meldungen, wenn Systemzustand eine Reaktion (Prüfen, Informieren, Eingreifen) erforderlich macht
Zuverlässigkeit	Minimierung von Warn- und Zustandsmeldungen durch hohe Systemstabilität
Automatisierte Kommunikation	Automatisierter Aufbau der Kommunikationsverbindungen, eindeutige Kommunikationsabläufe im Falle von Informationen und Eingriffen mit Straßenwärter in der AkD, Verkehrsleitzentrale, Polizei etc.
Benutzerfreundlichkeit	Intuitive Bedienung, geringer Einarbeitungsaufwand, keine überflüssigen Funktionen bei der Überwachung
Visualisierung	Übersichtliche, anbieterunabhängige Visualisierung aller notwendigen Daten und Bilder

3. Fähigkeiten und Eigenschaften

3.1 Funktionale Anforderungen

3.1.1 Strukturdiagramm

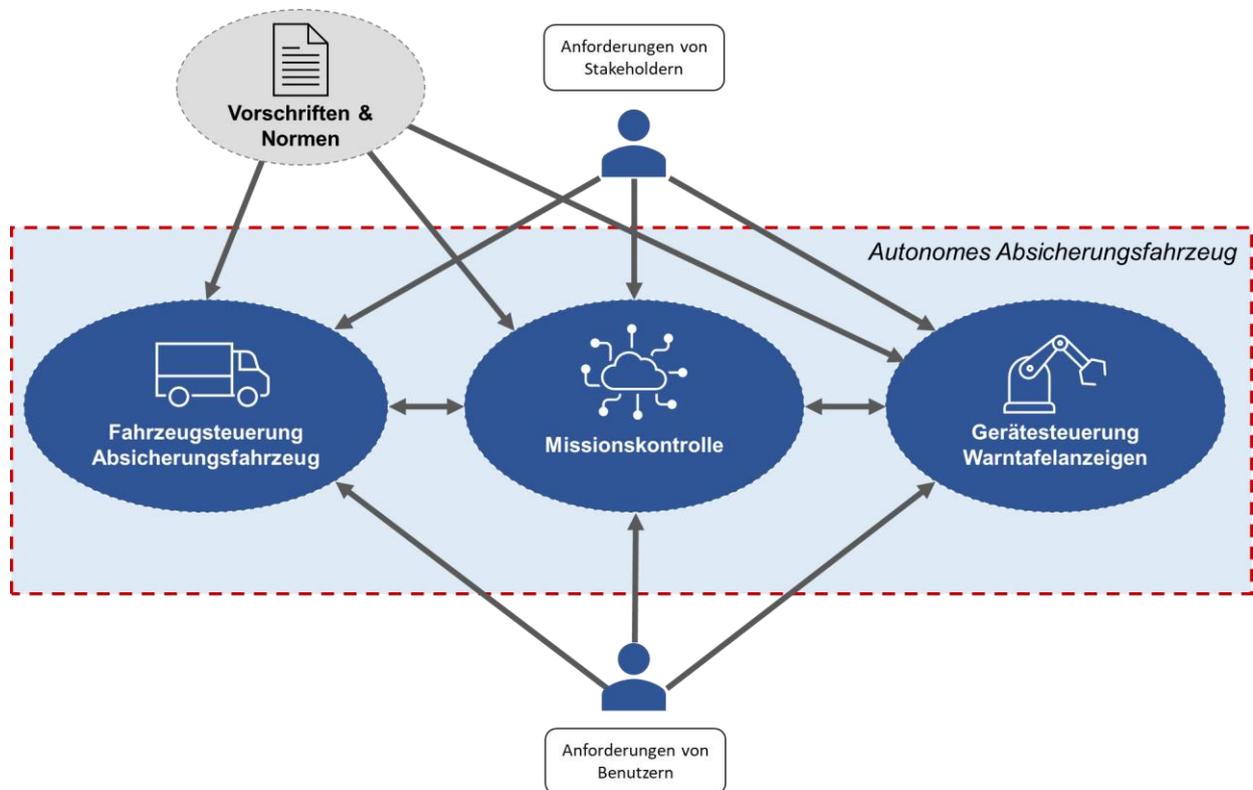


Abbildung 1: Funktionale Struktur

3.1.1.1 Gesamtsystem

Anforderungen von Stakeholdern, Benutzern und aus Vorschriften an das Gesamtsystem

Kennzeichen	Anforderung	Betreiber Bundesautobahnen	Baulastträger Bundesfernstr.	Mitarbeiter (Betriebsrat AdB)	Verkehrsteilnehmer	Unfallversicherung	Nachunternehmer	Fahrer Absicherungsfahrzeug	Straßenwärter	Werkstattmitarbeiter	Einsatzleiter	Technische Aufsicht
UC3FA_01	Das Gesamtsystem, bestehend aus dem autonomen Absicherungsfahrzeug und der gezogenen Absperrtafel, soll alle zulassungs- und betriebsrelevanten Vorschriften erfüllen (u.a. alle in der Verordnung (EU) 2019/2144 zusammengefassten technischen Vorschriften, in den Richtlinien für die Sicherung von Arbeitsstellen an Straßen (RSA) inkl. zugehöriger Technischer Lieferbedingungen und DIN-Normen)	X	X			X						
UC3FA_02	Das Gesamtsystem, bestehend aus dem autonomen Absicherungsfahrzeug und der gezogenen Absperrtafel, muss sich aus Sicht der anderen Verkehrsteilnehmer wie ein vergleichbares konventionelles System verhalten	X			X							

3.1.1.2 Missionskontrolle

Anforderungen von Stakeholdern, Benutzern und aus Vorschriften an die Missionskontrolle

Kennzeichen	Anforderung	Betreiber Bundesautobahnen	Baulastträger Bundesfernstr.	Mitarbeiter (Betriebsrat AdB)	Verkehrsteilnehmer	Unfallversicherung	Nachunternehmer	Fahrer Absicherungsfahrzeug	Straßenwärter	Werkstattmitarbeiter	Einsatzleiter	Technische Aufsicht
Fahrzeugmission kontrollieren												
UC3FA_03	Über die Missionskontrolle soll der Betriebsmodus ausgewählt werden							x	x		x	
UC3FA_04	Die Missionskontrolle soll die Vorgaben des Bedieners für den Einsatz empfangen, auswerten und an die Fahrzeugsteuerung kommunizieren							x	x		x	x
UC3FA_05	Die Missionskontrolle soll 3 verschiedene Betriebsmodi enthalten: Manueller Betrieb Gekoppelter Betrieb Folgebetrieb							x	x		x	
UC3FA_06	Im manuellen Betrieb sollen keine Automatisierungsfunktionen aktiv sein							x	x		x	
UC3FA_07	Im gekoppelten Betrieb soll das Absicherungsfahrzeug dem Führungsfahrzeug mit max. 60 km/h automatisiert folgen (elektronische Deichsel)	x							x		x	
UC3FA_08	Im Folgebetrieb soll das Fahrzeug mit dem Absicherungsabstand mit max. 10 km/h automatisiert folgen	x							x		x	
UC3FA_09	Der Absicherungsabstand soll einstellbar sein (Regelabstand: 100m)	x							x		x	
UC3FA_10	Die Missionskontrolle soll auf ein bestimmtes Führungsfahrzeug einstellbar sein	x						x	x		x	
UC3FA_11	Der Folgeabstand im gekoppelten Betrieb soll einstellbar sein							x	x		x	
UC3FA_12	Die Missionskontrolle soll den aktuell gültigen Status und die gewählten Betriebsparameter dem Bediener anzeigen							x	x		x	x
UC3FA_13	Über die Missionskontrolle sollen Software-Updates auf die Steuergeräte der Fahrzeugsteuerung geladen werden	x								x	x	
UC3FA_14	Die Missionskontrolle soll relevante Einsatzparameter und Messwerte datenschutzkonform speichern	x		x		x						
UC3FA_15	Die Bedienung der Missionskontrolle soll einfach und unmissverständlich möglich sein			x				x	x		x	
Gerätemission kontrollieren												
UC3FA_16	Die Missionskontrolle soll die Vorgaben zu Steuerung der Lichtzeichen der Absperrtafel vom Bediener empfangen								x	x		x
UC3FA_17	Die Missionskontrolle soll die Steuerbefehle für die Lichtzeichen der Absperrtafel an die Gerätesteuerung kommunizieren	x						x	x			
UC3FA_18	Die Missionskontrolle soll die Statusmeldungen der Absperrtafel für den Bediener anzeigen	x							x			x

Kennzeichen	Anforderung	Betreiber Bundesautobahnen	Baulastträger Bundesfernstr.	Mitarbeiter (Betriebsrat AdB)	Verkehrsteilnehmer	Unfallversicherung	Nachunternehmer	Fahrer Absicherungsfahrzeug	Straßenwärter	Werkstattmitarbeiter	Einsatzleiter	Technische Aufsicht
UC3FA_19	Die Steuerung der Absperrtafel soll den Vorschriften für die Baustellenabsicherung entsprechen	x	x									
UC3FA_20	Die Bedienung der Gerätemissionskontrolle soll einfach und unmissverständlich möglich sein							x	x			

3.1.1.3 Fahrzeugsteuerung

Anforderungen von Stakeholdern, Benutzern und aus Vorschriften an die Fahrzeugsteuerung

Kennzeichen	Anforderung	Betreiber Bundesautobahnen	Baulastträger Bundesfernstr.	Mitarbeiter (Betriebsrat AdB)	Verkehrsteilnehmer	Unfallversicherung	Nachunternehmer	Fahrer Absicherungsfahrzeug	Straßenwärter	Werkstattmitarbeiter	Einsatzleiter	Technische Aufsicht
UC3FA_21	Die Fahrzeugsteuerung soll die Vorgaben der Missionskontrolle empfangen und auswerten							x				x
UC3FA_22	Die Fahrzeugsteuerung soll die aktuellen Betriebsdaten und Statusinformationen an die Missionskontrolle kommunizieren							x				x
UC3FA_23	Die Fahrzeugsteuerung soll je nach Betriebsmodus und Verhalten des Voraus-Fahrzeugs den Sollwert für die Fahrgeschwindigkeit ermitteln							x				x
UC3FA_24	Die Fahrzeugsteuerung soll mittels Vorgaben an die Motorsteuerung die Fahrgeschwindigkeit regeln											x
UC3FA_25	Die Fahrzeugsteuerung soll automatisch bremsen, wenn die Umfelderkennung Hindernisse detektiert, um Kollisionen zu vermeiden				x	x		x	x			x
UC3FA_26	Die Fahrzeugsteuerung soll mittels Vorgaben an das Lenksystem automatisch der Trajektorie des Voraus-Fahrzeugs folgen				x			x	x		x	x
UC3FA_27	Die Fahrzeugsteuerung soll auch bei Gefälle dem Voraus-Fahrzeug folgen können	x	x					x	x		x	x
UC3FA_28	Die Fahrzeugsteuerung soll auch bei kurzfristigen Kommunikationsunterbrechungen zur Missionskontrolle ohne Einschränkungen funktionieren							x	x		x	x
UC3FA_29	Die Fahrzeugsteuerung soll den Reifendruck überwachen und bei Druckverlust eine Warnung an die Missionskontrolle senden							x	x	x	x	x
UC3FA_30	Die Fahrzeugsteuerung soll die Beleuchtungsanlage abhängig vom der Umgebungshelligkeit automatisch steuern				x	x		x	x		x	x

Kennzeichen	Anforderung	Betreiber Bundesautobahnen	Baulastträger Bundesfernstr.	Mitarbeiter (Betriebsrat AdB)	Verkehrsteilnehmer	Unfallversicherung	Nachunternehmer	Fahrer Absicherungsfahrzeug	Straßenwärter	Werkstattmitarbeiter	Einsatzleiter	Technische Aufsicht
UC3FA_31	Die Fahrzeugsteuerung soll die Fahrtrichtungsanzeigen und die Warnblinkanlage abhängig von der Fahrsituation automatisch betätigen				X	X		X	X		X	X
UC3FA_32	Die Fahrzeugsteuerung soll Hindernisse erkennen und Kollisionen vermeiden				X	X		X	X		X	X

3.1.1.4 Gerätesteuerung

Anforderungen von Stakeholdern, Benutzern und aus Vorschriften an die Gerätesteuerung

Kennzeichen	Anforderung	Betreiber Bundesautobahnen	Baulastträger Bundesfernstr.	Mitarbeiter (Betriebsrat AdB)	Verkehrsteilnehmer	Unfallversicherung	Nachunternehmer	Fahrer Absicherungsfahrzeug	Straßenwärter	Werkstattmitarbeiter	Einsatzleiter	Technische Aufsicht
UC3FA_33	Die Gerätesteuerung soll die Vorgaben der Missionskontrolle empfangen und auswerten							X	X		X	X
UC3FA_34	Die Gerätesteuerung soll die aktuellen Betriebsdaten und Statusinformationen an die Missionskontrolle kommunizieren										X	X
UC3FA_35	Die Gerätesteuerung soll die verschiedenen Leucht- und Warneinrichtungen steuern							X	X		X	
UC3FA_36	Die Gerätesteuerung soll auch bei kurzfristigen Kommunikationsunterbrechungen zur Missionskontrolle ohne Einschränkungen funktionieren	X				X		X	X		X	X
UC3FA_37	Die Gerätesteuerung soll den Zustand der Leuchtmittel überwachen und auftretende Defekte an die Missionskontrolle kommunizieren	X				X			X		X	X
UC3FA_38	Die Gerätesteuerung muss Absperrtafeln gemäß aktuellem Stand der Technik unterstützen	X	X								X	X
UC3FA_39	Die für den Verkehr sichtbaren Eigenschaften dürfen sich nicht von konventionellen Absperrtafeln unterscheiden				X							

3.2 Sicherheitsziele / Sicherheitsanforderungen

Sicherheitsziele / -anforderungen an die Missionskontrolle, Fahrzeugsteuerung und Gerätesteuerung

Kennzeichen	Anforderung	Missionskontrolle	Fahrzeugsteuerung	Gerätesteuerung
UC3SZ_01	Eine unbeabsichtigte oder unautorisierte Änderung der Missionsvorgabe soll verhindert werden	x		
UC3SZ_02	Ein unbeabsichtigtes oder unautorisiertes Starten oder Stoppen der Mission soll verhindert werden	x		
UC3SZ_03	Eine unbeabsichtigte oder unautorisierte Änderung der Fahrtrajektorie soll verhindert werden		x	
UC3SZ_04	Eine fehlerhafte Erkennung von Hindernissen in Bezug auf Größe, Abstand und Relativgeschwindigkeit soll verhindert werden		x	
UC3SZ_05	Eine sicherheitskritische Abweichung zwischen dem Soll- und Istwert einer Bremsansteuerung soll verhindert werden		x	
UC3SZ_06	Eine sicherheitskritische Abweichung zwischen dem Soll- und Istwert der Antriebssteuerung soll verhindert werden		x	
UC3SZ_07	Eine sicherheitskritische Abweichung zwischen dem Soll- und Istwert einer Lenkwinkelvorgabe soll verhindert werden		x	
UC3SZ_08	Das Ausbleiben oder die Richtungsumkehr von Lichtsteuerungsvorgaben am Absicherungsfahrzeug soll verhindert werden		x	
UC3SZ_09	Das Ausbleiben oder die Richtungsumkehr von Vorgaben zur Lichtsteuerung und Richtungsanzeige an der Absperrtafel soll verhindert werden			x

3.3 Cybersecurity-Ziele / -Anforderungen

Cybersecurity-Ziele / -Anforderungen an die Peripherie, Missionskontrolle, Fahrzeugsteuerung und Gerätesteuerung

Kennzeichen	Anforderung	Peripherie	Missionskontrolle	Fahrzeugsteuerung	Gerätesteuerung
UC3CZ_01	Eine Manipulation der relevanten Missionsparameter soll verhindert werden		x		
UC3CZ_02	Eine Manipulation der Kommunikation zwischen der Missionskontrolle und der Fahrzeugsteuerung soll verhindert werden		x		
UC3CZ_03	Das unautorisierte Auslesen der Missionsdaten soll verhindert werden		x		
UC3CZ_04	Eine Manipulation der Umfelddaten für die Fahrzeugsteuerung soll verhindert werden			x	
UC3CZ_05	Eine Manipulation der Missionsdaten durch unautorisierten Zugang zu den Kontrolleinrichtungen soll verhindert werden	x			
UC3CZ_06	Eine Manipulation der Software durch unautorisierte Personen bei der Fahrzeugwartung und -Reparatur soll verhindert werden.	x			
UC3CZ_07	Eine Manipulation der Absperrtafelfunktionen soll verhindert werden				x

4. Empfehlung / Referenz

Zur weitergehenden Erläuterung der obenstehenden Anforderungen soll im Folgenden ein möglicher funktionaler und technischer Aufbau eines autonomen Absicherungsfahrzeugs skizziert werden.

4.1 Vorgeschlagene funktionale Architektur

Um die Funktionalität des autonomen Absicherungsfahrzeugs mit einer gezogenen Absperrtafel beispielhaft darzustellen, wird die nachstehende Aufteilung in Funktionsblöcke vorgeschlagen:

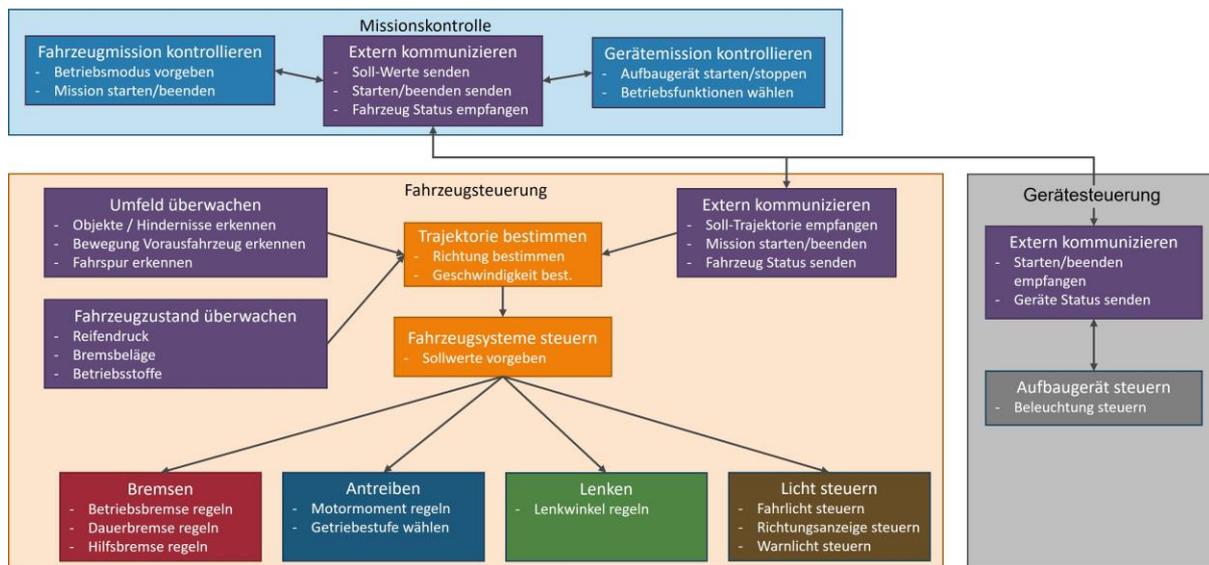


Abbildung 2: Funktionale Architektur

4.1.1 Missionskontrolle

Die Missionskontrolle beinhaltet die Definition sämtlicher Randbedingungen des Einsatzes, die Kommunikation mit dem Fahrzeug und dem Arbeitsgerät und das Auswählen sowie Starten und Stoppen der Funktionen. Dazu gehören u.a. Angaben zum/zur

- Start- und Endpunkt des Einsatzes und der Festlegung des Führungsfahrzeugs
- Betriebsmodus (gekoppelter Betrieb oder Folgebetrieb)
- Einsatzkonfiguration (Sollabstand, max. Geschwindigkeit, ...)
- Betriebsmodus des Aufbaugerätes (gezogener Anhänger mit Absperrtafel und Lichtzeichen)

Die Missionskontrolle stellt auch die Schnittstelle zum Bediener des Fahrzeugs dar. Auf die näheren Eigenschaften der Mensch-Maschine-Schnittstelle soll jedoch an dieser Stelle nicht weiter eingegangen werden. Hier sind verschiedene kabelgebundene oder drahtlose Lösungen vorstellbar, die entweder fest im Fahrzeug eingebaut oder mobil sein können. Die Rückmeldungen der Systeme zu den aktuellen Betriebsdaten und Status- sowie Fehlermeldungen würden ebenfalls über die jeweiligen Lösungen zur Mensch-Maschine-Schnittstelle erfolgen. Von dort aus wäre in einem weiteren Schritt auch die Bündelung und Weiterleitung sämtlicher operativer Daten an eine zentrale Leitstelle möglich.

**AETAS BAB –
Analyse zum Einsatz von Technologien für autonomes
Fahren im Straßenbetriebsdienst auf BAB**

**Lastenheft (Use Case 5)
System zum automatisierten Aufstellen, Einsammeln und
Bewegen von Vorwarntafeln**

Version 01-00-00

Inhaltsverzeichnis

1. Dokument-Attribute und Abkürzungen	1
2. Einführung in das Problem	2
2.1 Systemübersicht	2
2.2 Bedürfnisse Stakeholder	3
2.2.1 Überblick	3
2.2.2 Autobahn GmbH, ÖPP-Betreiber	3
2.2.3 Nachunternehmer	3
2.2.4 Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch Bundesministerium für Digitales und Verkehr	4
2.2.5 Betriebsrat Autobahn GmbH	4
2.2.6 ADAC, AvD, Speditions- und Logistikverbände	4
2.2.7 Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung	4
2.3 Bedürfnisse Benutzer	5
2.3.1 Überblick	5
2.3.2 Fahrer Einsatzfahrzeug Vorwarntafeln	5
2.3.3 Operator Einsatzzentrale	5
2.3.4 Straßenwärter	6
2.3.5 Werkstattmitarbeiter	6
2.3.6 Einsatzleiter	6
3. Fähigkeiten und Eigenschaften	7
3.1 Funktionale Anforderungen	7
3.1.1 Strukturdiagramm	7
3.2 Sicherheitsziele / Sicherheitsanforderungen	11
3.3 Cybersecurity-Ziele / -Anforderungen	11
4. Empfehlung / Referenz	12
4.1 Vorgeschlagene funktionale Architektur	12
4.1.1 Missionskontrolle	12
4.1.2 Steuerung des fahrenden Arbeitsgerätes	13
4.1.3 Gerätesteuerung	13
4.2 Vorgeschlagene technische Architektur	13

1. Dokument-Attribute und Abkürzungen

Dokumentenzweck

Das Dokument dient der Spezifikation von Anforderungen an ein System, mit welchem Vorwarntafeln für den Einsatz im Straßenbetriebsdienst ferngesteuert fortbewegt sowie automatisiert aufgestellt und eingesammelt werden können. Mit diesem System soll die Realisierung des Use Cases „Vorwarntafeln automatisiert aufstellen, einsammeln und bewegen“ im Rahmen des Projekts AETAS BAB ermöglicht werden.

Autoren

	 Steinbeis-Transferzentrum Infrastrukturmanagement im Verkehrswesen (IMV)	 KoDeCs Kobus Development & Consulting
Dipl.-Ing. Christian Lüpkes c.luepkes@albrechtconsult.com	Prof. Dr.-Ing. Christian Holldorb Christian.Holldorb@stw.de	Dipl.-Ing. Frank Zielke Frank.Zielke@KoDeCs.de
Daniel Kleer, M.Sc. d.kleer@albrechtconsult.com		

Einschränkungen/Kommentar

Dieses Lastenheft im Rahmen des Projekts AETAS BAB stellt keine ausschöpfende Beschreibung einer Lieferleistung für automatisierte Fahr- oder Gerätefunktionen dar, sondern soll Anregungen für Entwickler liefern und als Orientierung dienen.

Adressaten

Das vorliegende Dokument richtet sich an alle Personen, die sich mit der Entwicklung von Automatisierungsfunktionen im Nutzfahrzeugbereich, insbesondere im Straßenbetriebsdienst befassen.

Abkürzungen

Akronym	Langbezeichnung
ADAC	Allgemeine Deutsche Automobil-Club
AdB	Autobahn GmbH des Bundes
AkD	Arbeitsstellen kürzerer Dauer
AvD	Automobilclub von Deutschland
FA	Funktionale Anforderung
GNSS	Globales Navigationssatellitensystem
ÖPP	Öffentlich-private Partnerschaft
UC	Use Case

2. Einführung in das Problem

2.1 Systemübersicht

In der nachfolgenden Tabelle werden für das System in einem Steckbrief Ziel, Anwendungsbereich, Nutzen und Systembeschränkungen zusammengefasst.

Leistungsbereich / Einsatzbereich	Absicherung von mobilen Arbeitsstellen auf den Fahrstreifen (Vorwarner auf dem Seitenstreifen)
Kurzbeschreibung	Vorwarntafeln werden mit einem Einsatzfahrzeug an den Einsatzort gebracht und dort wieder eingesammelt, bei mobilen AkD werden die Vorwarntafeln von einer Einsatzzentrale ferngesteuert auf dem Standstreifen bewegt, wobei die Fahraufgabe ferngesteuert ausgelöst, dann aber autonom ausgeführt wird.
Zielsetzung / Nutzen	<ul style="list-style-type: none"> Keine Mitarbeiter im Fahrzeug notwendig, daraus resultiert Sicherheitsgewinn, kein Ein- und Aussteigen auf dem Standstreifen notwendig. Vorwarneinheiten sind leichter und können kleiner ausgeführt werden, so dass die Unfallfolgen für die Verkehrsteilnehmer beim Auffahren reduziert werden. Es wird nur ein Mitarbeiter zum Auf- und Abstellen benötigt, ein Mitarbeiter in der Einsatzzentrale kann mehrere Vorwarneinheiten steuern.
Akteure	Straßenwärter, Operator (Zentrale)
Auslöser / Trigger	<ul style="list-style-type: none"> Leistungen auf den Fahrstreifen erfordern Vorwarneinheiten Auslöser für teleoperierte Bewegung: Abstand zur AkD wird zu groß, (automatisch GNSS-überwacht) oder auf Anforderung aus der AkD
Vorbedingungen	AkD kann aufgrund der Verkehrs- und Witterungssituation eingerichtet werden; Standstreifen ist vorhanden. Es besteht Kommunikation mit der Einsatzzentrale.
Standardablauf / Essenzielle Schritte	<ul style="list-style-type: none"> Vorwarneinheiten werden mit Einsatzfahrzeug an den Einsatzort oder in die Nähe des Einsatzortes gefahren und von der Fahrerkabine aus aufgestellt, ohne dass der Fahrer aussteigen muss. Modus Teleoperierter Betrieb: Bei mobilen AkD kann die Vorwarneinheit von einer Einsatzzentrale aus ferngesteuert der AkD in den vorgesehenen Abständen folgen, Fahrt auf dem Standstreifen mit max. 10 km/h Bei Ende der AkD werden die Vorwarneinheiten auf das Einsatzfahrzeug geladen; hierfür teleoperierte Fahrt zum Einsatzfahrzeug und Aufladen durch den Fahrer des Einsatzfahrzeugs ohne Rückwärtsfahrt oder Aussteigen
Nachbedingungen	Vorwarneinheiten sind sicher auf dem Einsatzfahrzeug aufgenommen
Systemgrenzen / Abgrenzung des Use Cases	<ul style="list-style-type: none"> Keine eigenständige autonome Fahrt, sondern teleoperierte Auslösung der autonomen Fahrt mit anschließender Überwachung aus der Einsatzzentrale Teleoperierte Fahrt nur auf dem Standstreifen mit max. 10 km/h
Spezielle Anforderungen	<ul style="list-style-type: none"> Leistungsfähige Kommunikationsverbindung in Echtzeit für teleoperierten Betrieb während der autonomen Fahrt Gewicht ca. 900 kg je Vorwarneinheit
Nutzenpotenzial	Sicherheitsgewinn für Betriebsdienstpersonal, keine separaten Fahrer für das Bewegen der Vorwarneinheiten bei mobilen AkD notwendig.

2.2 Bedürfnisse Stakeholder

2.2.1 Überblick

Stakeholder	Name	Repräsentanz, Rolle
Betreiber Bundesautobahnen	Autobahn GmbH, ÖPP-Betreiber	Operative Durchführung des Straßenbetriebsdienstes auf den Bundesautobahnen
Nachunternehmer	Nachunternehmer (zahlreiche Unternehmen)	Operative Durchführung einzelner Betriebsdienstleistungen inkl. Absicherung im Auftrag der Autobahn GmbH, z.B. Schutzplankenreparatur, Markierungsarbeiten
Baulastträger Bundesfernstraßen	Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch Bundesministerium für Digitales und Verkehr	Finanzierung des Straßenbetriebsdienstes auf den Bundesautobahnen und Bundesstraßen Umsetzung des parlamentarisch legitimierten Gemeininteresses
Mitarbeiter	Betriebsrat Autobahn GmbH	Vertretung der Arbeitnehmerinteressen der Autobahn GmbH
Verkehrsteilnehmer	ADAC, AvD, Speditions- und Logistikverbände, etc.	Interessenvertretung der Verkehrsteilnehmer (privater und gewerblicher Kfz-Verkehr)
Unfallversicherung	Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung	Finanzierung von Unfallfolgekosten

2.2.2 Autobahn GmbH, ÖPP-Betreiber

Bedürfnis	Kommentar
Optimierte Arbeitssicherheit	Minimierung der Gefährdungen für das Betriebsdienstpersonal
Effizienter Betriebsablauf	Optimierte Durchführung der AkD auf Fahrstreifen
Optimierte Investitionen	Geringe Investitionskosten bei langer Nutzungsdauer
Systemintegration	Integration in das Baustellenmanagement und in Systeme zur Einsatzplanung, -steuerung und -dokumentation
Optimierter Betrieb	Minimierte Aufwendungen zum Betrieb (Nutzen, Warten, Reparieren)
Marktneutralität	System soll marktneutral in Fahrzeugen versch. Hersteller nutzbar sein

2.2.3 Nachunternehmer

Bedürfnis	Kommentar
Optimierte Arbeitssicherheit	Minimierung der Gefährdungen für das Betriebsdienstpersonal
Effizienter Betriebsablauf	Optimierte Durchführung der AkD auf Fahrstreifen
Optimierte Investitionen	Geringe Investitionskosten bei langer Nutzungsdauer
Optimierter Betrieb	Minimierte Aufwendungen zum Betrieb (Nutzen, Warten, Reparieren)
Marktneutralität	System soll marktneutral in Fahrzeugen versch. Hersteller nutzbar sein

2.2.4 Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch Bundesministerium für Digitales und Verkehr

Bedürfnis	Kommentar
Wirtschaftlicher Einsatz der Haushaltsmittel	Minimierung der Kosten für AkD (Vollkosten für Personal und Maschinen)
Sicherheit und Leichtigkeit des Verkehrs	Minimierung der Gefährdungen für Verkehrsteilnehmer durch AkD Minimierung von Verkehrsbehinderungen durch AkD (Minimierung der Einschränkungen von Kapazität und Geschwindigkeit)
Innovationsförderung	Förderung von technischen Innovationen im Bereich des automatisierten Fahrens

2.2.5 Betriebsrat Autobahn GmbH

Bedürfnis	Kommentar
Optimierte Arbeitsbedingungen für die Mitarbeiter	Sichere, ergonomische und komfortable Arbeitsbedingungen
Minimierung des Unfallrisikos	Minimierung der Gefährdungen der Straßenwärter in AkD
Ausreichende Qualifikation der Mitarbeiter	Anpassung der Benutzerschnittstellen an die vorhandene Qualifikation der Mitarbeiter Ausreichende Schulung zur Nutzung des Systems

2.2.6 ADAC, AvD, Speditions- und Logistikverbände

Bedürfnis	Kommentar
Minimierung von Verkehrsbehinderungen	Minimierung von Staus, keine Verkehrsbeschränkungen für Lkw, AkD zu verkehrssarmen Zeiten
Minimierung der Gefährdungen für die Verkehrsteilnehmer	Optimierte Vorwarnung der AkD zur Minimierung des Gefährdungsrisikos (Positionierung und Erkennbarkeit) Minimierung der Gefährdung am Stauende
Information, Warnung über AkD	Automatische Warnung und Information der Verkehrsteilnehmer

2.2.7 Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung

Bedürfnis	Kommentar
Optimierung der Arbeitssicherheit	Minimierung der Unfallfolgekosten durch Minimierung des Gefährdungsrisikos und der Unfallschwere für das Betriebsdienstpersonal
Optimierung der Verkehrssicherheit	Minimierung der Unfallfolgekosten durch Minimierung des Gefährdungsrisikos und der Unfallschwere für gewerbliche Verkehrsteilnehmer

2.3 Bedürfnisse Benutzer

2.3.1 Überblick

Benutzer	Beschreibung	Stakeholder
Fahrer Einsatzfahrzeug Vorwarntafeln	Operativer Mitarbeiter, der das Absicherungsfahrzeug fährt und bedient	Betreiber Bundesautobahnen, Nachunternehmer
Operator Einsatzzentrale	Operator, der Fahrbewegungen der Vorwarntafel auf dem Standstreifen auslöst und überwacht	Betreiber Bundesautobahnen, Nachunternehmer
Straßenwärter	Operativer Mitarbeiter, der in der AkD eingesetzt wird	Betreiber Bundesautobahnen, Nachunternehmer
Werkstattmitarbeiter	Mitarbeiter, der einfache Wartungstätigkeiten am Absicherungsfahrzeug durchführt	Betreiber Bundesautobahnen, Nachunternehmer
Einsatzleiter	Mitarbeiter der die Einsatzplanung durchführt, z.B. Meistereileiter, Stellvertreter	Betreiber Bundesautobahnen, Nachunternehmer

2.3.2 Fahrer Einsatzfahrzeug Vorwarntafeln

Bedürfnis	Kommentar
Benutzerfreundlichkeit	Intuitive Bedienung, geringer Einarbeitungsaufwand, keine überflüssigen Funktionen
Kein Ein- und Aussteigen auf dem Standstreifen	Minimierung der Gefährdungen durch den fließenden Verkehr
Zuverlässigkeit	Hohe Systemstabilität beim Aufstellen und Aufladen der Vorwarntafel
Eindeutige Einsatzgrenzen	Eindeutige und einfach bestimmbare Einsatzgrenzen (Verkehr, Witterung, Fahrbahn etc.)

2.3.3 Operator Einsatzzentrale

Bedürfnis	Kommentar
Benutzerfreundlichkeit	Intuitive Bedienung, geringer Einarbeitungsaufwand, keine überflüssigen Funktionen bei der Überwachung,
Zuverlässigkeit	Einhaltung der Soll-Vorgaben zur Absicherung der AkD (Abstände, Spurtreue etc.) Minimierung der Häufigkeit des Zustandes „Sicheres Anhalten“ auf der Strecke
Umfassende Informationen	Ausreichende Informationen zu Verkehr, Umfeld etc. durch Messdaten, Sensorik und Kamerabilder in der erforderlichen Aktualität und Auflösung
Automatisierte Kommunikation mit Straßenwärter in der AkD	Automatisierter Aufbau der Kommunikationsverbindungen, eindeutige Kommunikationsabläufe
Visualisierung	Übersichtliche, anbieterunabhängige Visualisierung aller notwendigen Daten und Bilder

2.3.4 Straßenwärter

Bedürfnis	Kommentar
Einfache Kommunikation	Einfache Kommunikation mit Operator, Statusanzeige zum Vorwarner
Zuverlässigkeit	Einhaltung der Soll-Vorgaben zur Vorwarnung Absicherung der AkD (Abstände, Spurtreue etc.) Minimierung der Ausfälle

2.3.5 Werkstattmitarbeiter

Bedürfnis	Kommentar
Wartungsfreundlichkeit	Einfache Zugänglichkeit der Bauteile, einfacher Ein- und Ausbau der Bauteile, einfache Diagnose und Systemtests
Zuverlässigkeit	Minimierung von Systemausfällen im Einsatz, die Werkstattmitarbeiter erforderlich machen
Klare Systemdokumentation	Transparente Systembeschreibung, eindeutige Wartungspläne, eindeutige Einbau- und Inbetriebnahmeanleitungen

2.3.6 Einsatzleiter

Bedürfnis	Kommentar
Hohe Verfügbarkeit	Minimierung der Einsatzgrenzen infolge unzureichender Verkehrs-, Witterungs-, Sicht- oder Streckenbedingungen
Zuverlässigkeit	Minimierung von Systemausfällen im Einsatz, die zu ineffizienten Arbeitsabläufen und -stillstand führen
Flexibilität	Bedienung durch unterschiedliche Mitarbeiter

3. Fähigkeiten und Eigenschaften

3.1 Funktionale Anforderungen

3.1.1 Strukturdiagramm

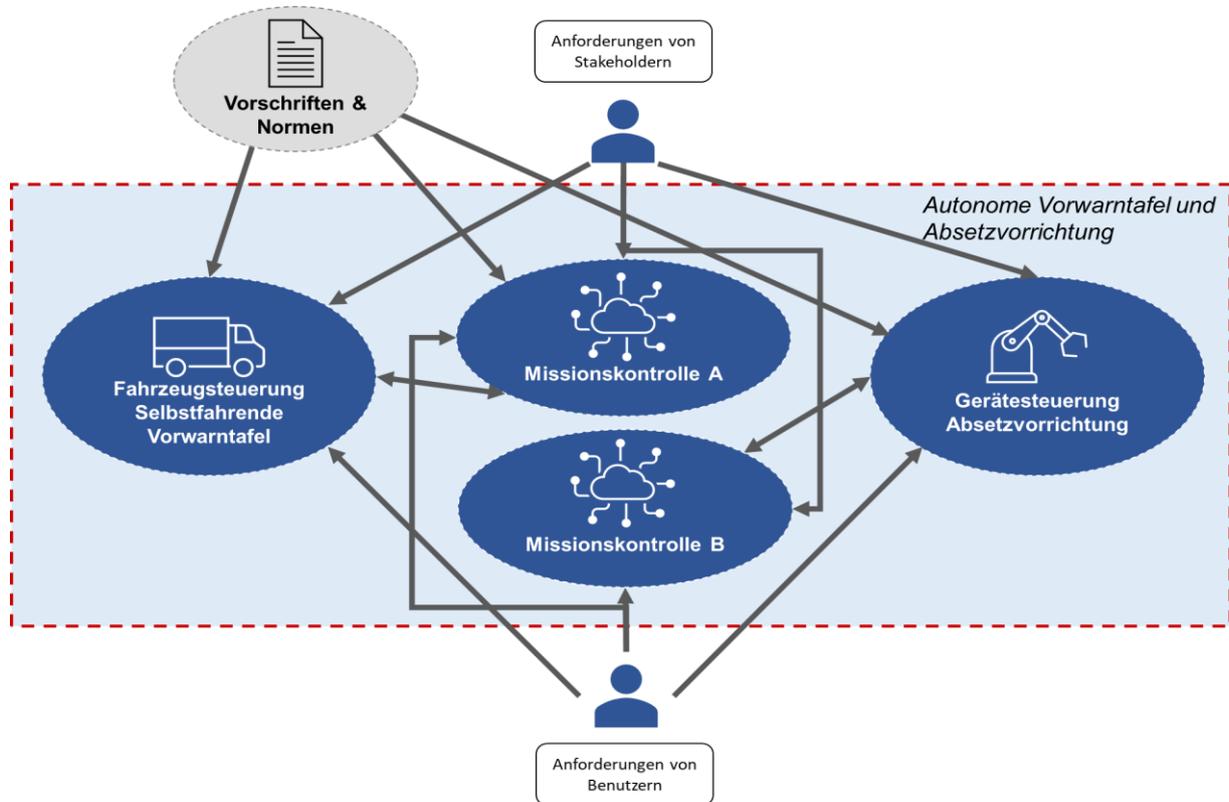


Abbildung 1: Funktionale Struktur

3.1.1.1 Gesamtsystem

Anforderungen von Stakeholdern, Benutzern und aus Vorschriften an das Gesamtsystem

Kennzeichen	Anforderung	Betreiber Bundesautobahnen	Baulastträger Bundesfernstr.	Mitarbeiter (Betriebsrat AdB)	Verkehrsteilnehmer	Unfallversicherung	Nachunternehmer	Fahrer Einsatzfahrzeug	Operator Einsatzzentrale	Straßenwärter	Werkstattmitarbeiter	Einsatzleiter
UC5FA_01	Das Gesamtsystem, bestehend aus dem Trägerfahrzeug mit Absetzvorrichtung und der autonom fahrenden Vorwarntafel, soll alle zulassungs- und betriebsrelevanten Vorschriften erfüllen (u.a. alle in der Verordnung (EU) 2019/2144 zusammengefassten technischen Vorschriften), in den Richtlinien für die Sicherung von Arbeitsstellen an Straßen (RSA) inkl. zugehöriger Technischer Lieferbedingungen und DIN-Normen).	x	x			x						
UC5FA_02	Das Gesamtsystem, bestehend aus dem Trägerfahrzeug mit Absetzvorrichtung und der autonom fahrenden Vorwarntafel, muss sich aus Sicht der anderen Verkehrsteilnehmer wie ein vergleichbares konventionelles System verhalten	x			x							

3.1.1.2 Missionskontrolle

Anforderungen von Stakeholdern, Benutzern und aus Vorschriften an die Missionskontrolle

Kennzeichen	Anforderung	Betreiber Bundesautobahnen	Baulastträger Bundesfernstr.	Mitarbeiter (Betriebsrat AdB)	Verkehrsteilnehmer	Unfallversicherung	Nachunternehmer	Fahrer Einsatzfahrzeug	Operator Einsatzzentrale	Straßenwärter	Werkstattemitarbeiter	Einsatzleiter
Fahrzeugmission kontrollieren												
UC5FA_03	Über die Missionskontrolle A soll der Betriebsmodus für das Fahrzeug (Selbstfahrende Vorwarntafel) ausgewählt werden							x	x	x		x
UC5FA_04	Die Missionskontrolle A soll die Vorgaben des Bedieners für den Einsatz empfangen, auswerten und an die Fahrzeugsteuerung kommunizieren								x			x
UC5FA_05	Die Missionskontrolle A soll 3 verschiedene Betriebsmodi enthalten: <ul style="list-style-type: none"> Ferngesteuerte Initialisierung Automatisierter Betrieb Automatisierte Rückfahrt zum Trägerfahrzeug 								x			x
UC5FA_06	In der ferngesteuerten Initialisierung soll der Betrieb durch den Bediener konfiguriert und gestartet werden								x			
UC5FA_07	Im automatisierten Betrieb soll das Fahrzeug automatisiert auf dem Standstreifen der Baustelle folgen	x	x		x				x			x
UC5FA_08	In der automatisierten Rückfahrt soll das Fahrzeug automatisiert zum Trägerfahrzeug fahren	x	x		x				x			x
UC5FA_09	Die Geschwindigkeit für den automatisierten Betrieb und die Rückfahrt soll einstellbar sein								x			x
UC5FA_10	Die Missionskontrolle A soll den aktuell gültigen Status und die gewählten Betriebsparameter dem Bediener anzeigen								x			
UC5FA_11	Über die Missionskontrolle A sollen Software-Updates auf die Steuergeräte der Fahrzeugsteuerung geladen werden										x	
UC5FA_12	Die Missionskontrolle A soll relevante Einsatzparameter und Messwerte speichern	x				x			x			
UC5FA_13	Die Bedienung der Missionskontrolle A soll einfach und unmissverständlich möglich sein								x			
Gerätemission kontrollieren												
UC5FA_14	Die Missionskontrolle B soll die Vorgaben zur Steuerung der Absetzvorrichtung vom Bediener empfangen							x	x			
UC5FA_15	Die Missionskontrolle B soll die Steuerbefehle für die Absetzvorrichtung an die Gerätesteuerung kommunizieren							x	x			
UC5FA_16	Die Missionskontrolle B soll die Statusmeldungen der Absetzvorrichtung für den Bediener anzeigen							x	x			
UC5FA_17	Über die Missionskontrolle B sollen Software-Updates auf das Steuergerät der Absetzvorrichtung geladen werden										x	
UC5FA_18	Die Bedienung der Missionskontrolle B soll einfach und unmissverständlich möglich sein							x	x			

3.1.1.3 Fahrzeugsteuerung

Anforderungen von Stakeholdern, Benutzern und aus Vorschriften an die Fahrzeugsteuerung

Kennzeichen	Anforderung	Betreiber Bundesautobahnen	Baulastträger Bundesfernstr.	Mitarbeiter (Betriebsrat AdB)	Verkehrsteilnehmer	Unfallversicherung	Nachunternehmer	Fahrer Einsatzfahrzeug	Operator Einsatzzentrale	Straßenwärter	Werkstattemitarbeiter	Einsatzleiter
UC5FA_19	Die Fahrzeugsteuerung soll die Vorgaben der Missionskontrolle A empfangen und auswerten							X				X
UC5FA_20	Die Fahrzeugsteuerung soll die aktuellen Betriebsdaten und Statusinformationen an die Missionskontrolle A kommunizieren							X				X
UC5FA_21	Die Fahrzeugsteuerung soll je nach Betriebsmodus den Sollwert für die Fahrgeschwindigkeit ermitteln und auf den für den jeweiligen Modus zulässigen Höchstwert begrenzen.							X				X
UC5FA_22	Die Fahrzeugsteuerung soll mittels Vorgaben an die Motorsteuerung die Fahrgeschwindigkeit regeln							X				X
UC5FA_23	Die Fahrzeugsteuerung soll automatisch bremsen, wenn die Umfelderkennung Hindernisse detektiert, um Kollisionen zu vermeiden				X	X		X				X
UC5FA_24	Die Fahrzeugsteuerung soll mittels Vorgaben an das Lenksystem automatisch dem Verlauf des Standstreifens folgen				X			X				X
UC5FA_25	Die Fahrzeugsteuerung soll auch bei Gefälle eine konstante Geschwindigkeit halten können	X	X					X				X
UC5FA_26	Die Fahrzeugsteuerung soll auch bei kurzfristigen Kommunikationsunterbrechungen zur Missionskontrolle A ohne Einschränkungen funktionieren							X				X
UC5FA_27	Die Fahrzeugsteuerung soll die Leucht- und Warneinrichtungen abhängig von der Umgebungshelligkeit automatisch steuern				X	X		X				X
UC5FA_28	Die Fahrzeugsteuerung soll bei Hindernissen, die nicht ohne ein Verlassen des Standstreifens umfahren werden können, stehen bleiben und eine Information an die Missionskontrolle A senden				X	X		X				X

3.1.1.4 Gerätesteuerung

Anforderungen von Stakeholdern, Benutzern und aus Vorschriften an die Gerätesteuerung

Kennzeichen	Anforderung	Betreiber Bundesautobahnen	Baulastträger Bundesfernstr.	Mitarbeiter (Betriebsrat AdB)	Verkehrsteilnehmer	Unfallversicherung	Nachunternehmer	Fahrer Einsatzfahrzeug	Operator Einsatzzentrale	Straßenwärter	Werkstattemitarbeiter	Einsatzleiter
UC5FA_29	Die Gerätesteuerung soll die Vorgaben der Missionskontrolle B empfangen und auswerten							X	X			X

Kenn- zeichen	Anforderung	Betreiber Bundesautobahnen	Baulastträger Bundesfernstr.	Mitarbeiter (Betriebsrat AdB)	Verkehrsteilnehmer	Unfallversicherung	Nachunternehmer	Fahrer Einsatzfahrzeug	Operator Einsatzzentrale	Straßenwärter	Werkstattemitarbeiter	Einsatzleiter
UC5FA_30	Die Gerätesteuerung soll die aktuellen Betriebsdaten und Statusinformationen an die Missionskontrolle B kommunizieren							X	X			X
UC5FA_31	Die Gerätesteuerung soll die Verriegelung und Entriegelung der Ladungssicherung für die Warntafel auf dem Trägerfahrzeug betätigen und überwachen							X	X			X
UC5FA_32	Die Gerätesteuerung soll den Absetz- und Aufladevorgang automatisch durchführen und überwachen							X	X			X

3.2 Sicherheitsziele / Sicherheitsanforderungen

Sicherheitsziele / -anforderungen an die Missionskontrolle, Fahrzeugsteuerung und Gerätesteuerung

Kennzeichen	Anforderung	Missionskontrolle	Fahrzeugsteuerung	Gerätesteuerung
UC5SZ_01	Unbeabsichtigte oder unautorisierte Änderungen der Missionsvorgabe sowohl im ferngesteuerten als auch im automatisierten Betrieb sollen verhindert werden	x		
UC5SZ_02	Ein unbeabsichtigtes oder unautorisiertes Starten oder Stoppen der Mission soll verhindert werden	x		
UC5SZ_03	Eine unbeabsichtigte oder unautorisierte Änderung der ferngesteuert oder automatisiert vorgegebenen Fahrtrajektorie soll verhindert werden		x	
UC5SZ_04	Eine fehlerhafte Erkennung von Hindernissen in Bezug auf Größe, Abstand und Relativgeschwindigkeit soll verhindert werden		x	
UC5SZ_05	Eine sicherheitskritische Abweichung zwischen dem Soll- und Istwert einer Lenkwinkelvorgabe soll verhindert werden		x	
UC5SZ_06	Das Ausbleiben oder die Richtungsumkehr von Lichtsteuerungsvorgaben soll verhindert werden		x	
UC5SZ_07	Ein unbeabsichtigtes oder unautorisiertes Entriegeln der Ladungssicherung soll verhindert werden			x
UC5SZ_08	Ein unbeabsichtigtes oder unautorisiertes Ausführen des Absetz- oder Aufladevorgangs soll verhindert werden			x

3.3 Cybersecurity-Ziele / -Anforderungen

Cybersecurity-Ziele / -Anforderungen an die Peripherie, Missionskontrolle, Fahrzeugsteuerung und Gerätesteuerung

Kennzeichen	Anforderung	Peripherie	Missionskontrolle	Fahrzeugsteuerung	Gerätesteuerung
UC5CZ_01	Eine Manipulation der relevanten Missionsparameter soll verhindert werden		x		
UC5CZ_02	Eine Manipulation der Kommunikation zwischen der Missionskontrolle und der Fahrzeugsteuerung soll verhindert werden		x		
UC5CZ_03	Das unautorisierte Auslesen der Missionsdaten soll verhindert werden		x		
UC5CZ_04	Eine Manipulation der Umfelddaten für die Fahrzeugsteuerung soll verhindert werden			x	
UC5CZ_05	Eine Manipulation der Missionsdaten durch unautorisierten Zugang zu den Kontrolleinrichtungen soll verhindert werden	x			
UC5CZ_06	Eine Manipulation der Software durch unautorisierte Personen bei der Fahrzeugwartung und -reparatur soll verhindert werden.	x			
UC5CZ_07	Eine Manipulation der Funktionen der Absetzvorrichtung soll verhindert werden				x

4. Empfehlung / Referenz

Zur weitergehenden Erläuterung der obenstehenden Anforderungen soll im Folgenden ein möglicher funktionaler und technischer Aufbau einer automatisiert selbstfahrenden Vorwarntafel mit einem manuell gesteuerten Trägerfahrzeug skizziert werden.

4.1 Vorgeschlagene funktionale Architektur

Um die Funktionalität der automatisiert selbstfahrenden Vorwarntafel und der teilautomatisierten Absetzvorrückung auf dem Trägerfahrzeug beispielhaft darzustellen, wird die nachstehende Aufteilung in Funktionsblöcke vorgeschlagen:

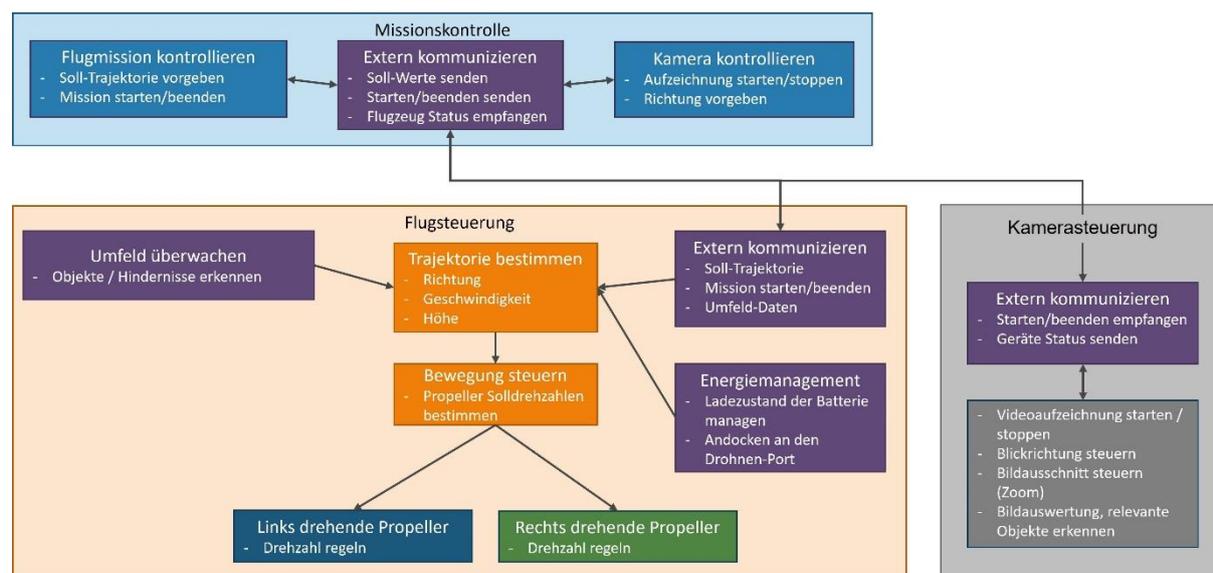


Abbildung 2: Funktionale Architektur

4.1.1 Missionskontrolle

Mit dem Use Case 5 werden zwei Hauptfunktionen abgedeckt: Zum einen soll eine auf einem selbstfahrenden Fahrgestell montierte Vorwarntafel automatisch einer beweglichen Arbeitsstelle folgen und zum Ausbringfahrzeug zurückkehren können. Zum anderen soll auf einem manuell gesteuerten Ausbringfahrzeug eine (teil-)automatisierte Absetz- und Hebevorrückung installiert sein, die die selbstfahrende Vorwarntafel vom Ausbringfahrzeug ab- und wieder aufladen kann.

Da diese Hauptfunktionen voneinander unabhängig sind, wird die Missionskontrolle in einen Teil A und B unterteilt. Die Missionskontrolle A beinhaltet die Definition sämtlicher Randbedingungen des Einsatzes für die selbstfahrende Vorwarntafel, die Kommunikation mit dem Fahrzeug und das Auswählen sowie Starten und Stoppen der Funktionen. Dazu gehören u.a. Angaben zum/zur:

- Start- und Endpunkt des Einsatzes
- Betriebsmodus (stationärer oder beweglicher Betrieb)
- Einsatzkonfiguration (Sollabstand, max. Geschwindigkeit, ...)
- Steuerung der Warntafel und Lichtzeichen

Die Missionskontrolle B beinhaltet alle Steuerungen zum Absetzen und Aufladen der Vorwarntafel auf das Ausbringfahrzeug. In erster Annahme wird davon ausgegangen, dass die Missionskontrolle B kabelgebunden aus dem Fahrerhaus des Ausbringfahrzeugs stattfindet. Nach dem Start des Vorgangs zum Absetzen oder Aufladen sollen diese dann automatisiert ablaufen.

4.1.2 Steuerung des fahrenden Arbeitsgerätes

Die Steuerung umfasst alle Systeme, die notwendig sind, damit die selbstfahrende Vorwarntafel im ausgewählten Betriebsmodus automatisiert vorrücken, dabei auf Hindernisse reagieren sowie die Fahrspur halten kann. Die Fahrzeugsteuerung kommuniziert mit der Missionskontrolle und steuert die Subsysteme für das Lenken, Bremsen, Antreiben.

4.1.3 Gerätesteuerung

Die Gerätesteuerung setzt alle Befehle der Missionskontrolle B zum Absetzen und Aufladen der Vorwarntafel auf das Ausbringfahrzeug um. Diese Vorgänge werden manuell durch den Fahrer des Trägerfahrzeugs ausgelöst, sollen dann aber automatisiert bis zum Erreichen der jeweiligen Endposition (aufgeladen und verriegelt bzw. abgesetzt und entriegelt) ablaufen.

4.2 Vorgeschlagene technische Architektur

Für ein konkretes Fahrzeugkonzept müssen die beschriebenen Funktionen physischen Subsystemen zugeordnet werden. Eine mögliche Aufteilung ist unten dargestellt. Sie orientiert sich an üblichen und im Wesentlichen marktverfügbaren Lösungen. Die Zuordnung der Funktionen zu den Subsystemen ist über die Farbcodierung erkennbar.

Sämtliche Umfelderkennungsfunktionen (einschließlich der im Bild symbolisch dargestellten Kameras und/oder Radarsensoren) sind dem Fahrer-Assistenzsystem zugeordnet. Aufgrund der geringen Geschwindigkeit wird angenommen, dass kein zusätzliches Schaltgetriebe erforderlich ist.

Dabei sind die Kommunikationsschnittstellen innerhalb des Fahrzeugs kabelgebunden. Die Schnittstelle zwischen der Missions-Kontrolleinheit A und der zentralen Fahrsteuerung wird als drahtlose Schnittstelle angenommen. Damit ist die Missionskontrolle A räumlich vom Fahrzeug getrennt und kann über eine zentrale Leitstelle realisiert werden.

Das automatisierte Rückkehren der Vorwarntafel zum Trägerfahrzeug lässt sich über ein GNSS Positionssignal steuern. Da die Missions-Kontrolleinheit B fest mit dem Trägerfahrzeug verbunden ist, bietet es sich an, über dieses Steuergerät die Position zu erfassen und drahtlos mit der zentralen Fahrsteuerung auszutauschen, um das Ziel für die Rückkehrfunktion vorzugeben.

Die Arbeitsgerätesteuerung steuert die (nicht dargestellte) Hydraulik der Hebevorrichtung und der Verriegelungsmechanik.

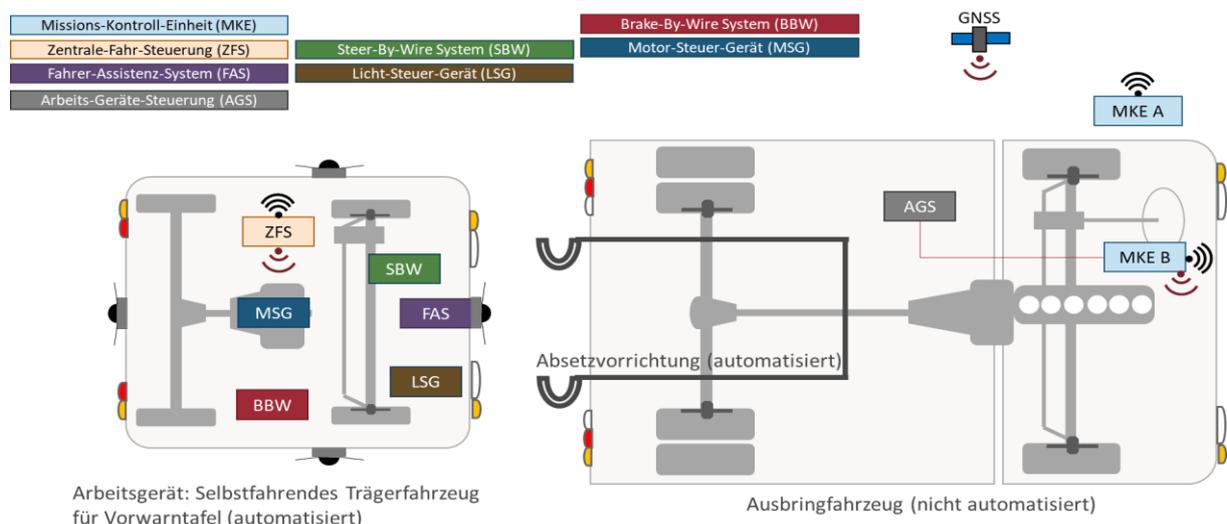


Abbildung 3: Technische Architektur

**AETAS BAB –
Analyse zum Einsatz von Technologien für autonomes
Fahren im Straßenbetriebsdienst auf BAB**

**Lastenheft (Use Case 9)
System für die automatisierte Streckenkontrolle mit einer
Drohne**

Version 01-00-00

Inhaltsverzeichnis

1. Dokument-Attribute und Abkürzungen	1
2. Einführung in das Problem	2
2.1 Systemübersicht	2
2.2 Bedürfnisse Stakeholder	3
2.2.1 Überblick	3
2.2.2 Autobahn GmbH, ÖPP-Betreiber	3
2.2.3 Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch Bundesministerium für Digitales und Verkehr	3
2.2.4 Betriebsrat Autobahn GmbH	4
2.2.5 ADAC, AvD, Speditions- und Logistikverbände	4
2.2.6 Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung	4
2.2.7 Datenschutzbeauftragte	4
2.2.8 Flugsicherheitsbehörden	4
2.3 Bedürfnisse Benutzer	5
2.3.1 Überblick	5
2.3.2 Operator Drohne	5
2.3.3 Straßenwärter	5
2.3.4 Werkstattmitarbeiter	6
2.3.5 Einsatzleiter	6
3. Fähigkeiten und Eigenschaften	7
3.1 Funktionale Anforderungen	7
3.1.1 Strukturdiagramm	7
3.2 Sicherheitsziele / Sicherheitsanforderungen	10
3.3 Cybersecurity-Ziele / -Anforderungen	11
4. Empfehlung / Referenz	12
4.1 Vorgeschlagene funktionale Architektur	12
4.1.1 Missionskontrolle	12
4.1.2 Flugzeugsteuerung	12
4.1.3 Kamerasteuerung	13
4.2 Vorgeschlagene technische Architektur	13

1. Dokument-Attribute und Abkürzungen

Dokumentenzweck

Das Dokument dient der Spezifikation von Anforderungen an eine automatisiert fliegende Drohne zur Streckenkontrolle für den Einsatz im Straßenbetriebsdienst. Mit diesem System soll die Realisierung des Use Cases „Automatisierte Streckenkontrolle mit einer Drohne“ im Rahmen des Projekts AETAS BAB ermöglicht werden.

Autoren

		
Dipl.-Ing. Christian Lüpkes c.luepges@albrechtconsult.com	Prof. Dr.-Ing. Christian Holldorb Christian.Holldorb@stw.de	Dipl.-Ing. Frank Zielke Frank.Zielke@KoDeCs.de
Daniel Kleer, M.Sc. d.kleer@albrechtconsult.com		

Einschränkungen/Kommentar

Dieses Lastenheft im Rahmen des Projekts AETAS BAB stellt keine ausschöpfende Beschreibung einer Lieferung für automatisiert fliegende Drohnen dar, sondern soll Anregungen für Entwickler liefern und als Orientierung dienen.

Adressaten

Das vorliegende Dokument richtet sich an alle Personen, die sich mit der Entwicklung von Drohnen und Automatisierungsfunktionen in diesem Bereich befassen.

Abkürzungen

Akronym	Langbezeichnung
ADAC	Allgemeine Deutsche Automobil-Club
AdB	Autobahn GmbH des Bundes
AkD	Arbeitsstellen kürzerer Dauer
AvD	Automobilclub von Deutschland
FA	Funktionale Anforderung
ÖPP	Öffentlich-private Partnerschaft
UC	Use Case

2. Einführung in das Problem

2.1 Systemübersicht

In der nachfolgenden Tabelle werden für das System in einem Steckbrief Ziel, Anwendungsbereich, Nutzen und Systembeschränkungen zusammengefasst.

Leistungsbereich / Einsatzbereich	Kontrolle – Streckenkontrolle
Kurzbeschreibung	Die reguläre Streckenkontrolle erfolgt durch automatisierte Drohnen von einem Leitstand in der Meisterei mit unterstützender, automatisierter Bildauswertung
Zielsetzung / Nutzen	Keine Streckenkontrolle mit Langsamfahrt auf dem Standstreifen notwendig, auf Abschnitten ohne Standstreifen Streckenkontrolle ohne Gefährdung durch Langsamfahrt möglich.
Akteure	Operator im Leitstand
Auslöser / Trigger	Streckenkontrolle nach Kontrollplan
Vorbedingungen	Geeignete Witterungsbedingungen, keine Abschnitte mit Drohnenflugverbot (Flughafen)
Standardablauf / Essenzielle Schritte	<ul style="list-style-type: none"> • Drohnen auf Gehöft und Stützpunkten in autonomen Drohnenports (autonomes Starten, Landen, Akku-Ladung, witterungsgeschützte Stationierung) stationiert • Operator aktiviert Drohnenflug nach Prüfung der Einsatzbedingungen • Drohnen fliegen autonom definierte Streckenabschnitte ab, Operator überwacht die Drohne bei Bedarf (Trajektorie und Kamera) • Drohnenflug über Bankett bzw. Böschung neben der Richtungsfahrbahn • Automatisierte Mängelerkennung durch automatische Bildauswertung, Operator bestätigt und klassifiziert Mängel am Bildschirm • Mängel werden in Datenbank protokolliert (Bild und Position werden automatisch hinzugefügt) • Drohne kehrt zum Ausgangsort zurück
Nachbedingungen	Akku der Drohne kann automatisch geladen werden, z.B. Induktion
Systemgrenzen / Abgrenzung des Use Cases	<ul style="list-style-type: none"> • Kontrolle im Rahmen der Verkehrssicherungspflicht, keine Zustands- oder Funktionskontrolle • Tätigkeiten zur Beseitigung der Mängel müssen in einem separaten Arbeitsgang erfolgen
Spezielle Anforderungen	<ul style="list-style-type: none"> • Ausreichende Akku-Kapazität/Reichweite • Ausreichende Bildauflösung zur automatischen Erkennung und Klassifizierung von Mängeln • Speicherung von anonymisierten Aufnahmen
Nutzenpotenzial	<ul style="list-style-type: none"> • Keine Gefährdung der Streckenkontrolle durch Langsamfahrt auf dem Seitenstreifen. • Alle Arbeiten zur Mängelbeseitigung und die dafür erforderlichen Ressourcen (z.B. Absicherung) können vorab geplant werden, die Sicherheitsstandards zur Mängelbeseitigung werden eingehalten.

2.2 Bedürfnisse Stakeholder

2.2.1 Überblick

Stakeholder	Name	Repräsentanz, Rolle
Betreiber Bundesautobahnen	Autobahn GmbH, ÖPP-Betreiber	Operative Durchführung des Straßenbetriebsdienstes auf den Bundautobahnen
Baulastträger Bundesfernstraßen	Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch Bundesministerium für Digitales und Verkehr	Finanzierung des Straßenbetriebsdienstes auf den Bundesautobahnen und Bundesstraßen Umsetzung des parlamentarisch legitimierten Gemeininteresses
Mitarbeiter	Betriebsrat Autobahn GmbH	Vertretung der Arbeitnehmerinteressen der Autobahn GmbH
Verkehrsteilnehmer	ADAC, AvD, Speditions- und Logistikverbände, etc.	Interessenvertretung der Verkehrsteilnehmer (privater und gewerblicher Kfz-Verkehr)
Unfallversicherung	Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung	Finanzierung von Unfallfolgekosten
Datenschutzbeauftragte	Datenschutzbeauftragte Bund und Bundesländer	Vertretung der Datenschutz- und Persönlichkeitsrechte von Verkehrsteilnehmern, Anwohnern und Mitarbeitern
Flugsicherheitsbehörden	Luftfahrtbundesamt, Luftfahrtbehörden der Länder	Gewährleistung eines sicheren Luftverkehrs

2.2.2 Autobahn GmbH, ÖPP-Betreiber

Bedürfnis	Kommentar
Optimierte Arbeitssicherheit	Minimierung der Gefährdungen für das Betriebsdienstpersonal
Effizienter Betriebsablauf	Optimierte Durchführung der regulären Streckenkontrolle und -wartung, hohes Nutzen-Kosten-Verhältnis
Optimierte Investitionen	Geringe Investitionskosten bei langer Nutzungsdauer
Systemintegration	Integration in das Mängelmanagement und in Systeme zur Einsatzplanung, -steuerung und -dokumentation
Optimierter Betrieb	Minimierte Aufwendungen zum Betrieb (Nutzen, Warten, Reparieren)

2.2.3 Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch Bundesministerium für Digitales und Verkehr

Bedürfnis	Kommentar
Wirtschaftlicher Einsatz der Haushaltsmittel	Minimierung der Kosten für die Streckenkontrolle (Vollkosten unter Berücksichtigung von Personalkosten, Investitionen in Geräte, bauliche und digitale Infrastruktur)
Sicherheit und Leichtigkeit des Verkehrs	Minimierung der Gefährdungen für Verkehrsteilnehmer durch die Streckenkontrolle Minimierung von Verkehrsbehinderungen durch die Streckenkontrolle (Minimierung der Einschränkungen von Kapazität und Geschwindigkeit)
Innovationsförderung	Förderung von technischen Innovationen im Bereich des unbemannten Luftverkehrs

2.2.4 Betriebsrat Autobahn GmbH

Bedürfnis	Kommentar
Optimierte Arbeitsbedingungen für die Mitarbeiter	Sichere, ergonomische und komfortable Arbeitsbedingungen, eindeutige Arbeitsplatzbeschreibung mit klarer Abgrenzung von Verantwortlichkeiten und Zuständigkeiten
Minimierung des Unfallrisikos	Minimierung der Gefährdungen der Streckenwarte bei der Streckenkontrolle und -wartung
Ausreichende Qualifikation der Mitarbeiter	Anpassung der Benutzerschnittstellen an die vorhandene Qualifikation der Mitarbeiter Ausreichende Schulung zur Nutzung des Systems
Datenschutz für die Mitarbeiter	Gewährleistung des Datenschutzes der Straßenwärter in AkD und ggf. der Operatoren

2.2.5 ADAC, AvD, Speditions- und Logistikverbände

Bedürfnis	Kommentar
Minimierung von Verkehrsbehinderungen	Keine Verkehrseinschränkungen durch Befliegung außerhalb des Verkehrsraums
Minimierung der Gefährdungen für die Verkehrsteilnehmer	Minimierung des Gefährdungsrisikos durch Drohnen im Verkehrsraum (ungewollte Flugbewegungen, Absturz)

2.2.6 Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung

Bedürfnis	Kommentar
Optimierung der Arbeitssicherheit	Minimierung der Unfallfolgekosten durch Minimierung des Gefährdungsrisikos und der Unfallschwere für die Streckenkontrolleure
Optimierung des Gesundheitsschutzes	Minimierung der berufsbedingten Gesundheitsbeeinträchtigungen für Operatoren durch Bildschirmarbeit etc.

2.2.7 Datenschutzbeauftragte

Bedürfnis	Kommentar
Datenschutz für Anwohner und Dritte	Gewährleistung, dass der Datenschutz von Anwohnern, Verkehrsteilnehmern und Dritten bei der visuellen Inspektion durch geeignete Maßnahmen eingehalten wird, z. B. Definition der Flugbereiche, automatisierte Bildauswertung, keine Speicherung oder Weitergabe von personenbezogenen Bilddaten, automatische Anonymisierung von personenbezogenen Bilddaten
Datenschutz für die Mitarbeiter	Gewährleistung des Datenschutzes der Straßenwärter in AkD und ggf. der Operatoren

2.2.8 Flugsicherheitsbehörden

Bedürfnis	Kommentar
Sicherheit des Flugverkehrs	Keine Gefährdungen oder Einschränkungen des Luftverkehrs im Bereich von Flughäfen und Flugplätzen
Sicherheit des Drohneneinsatzes	Minimierung der Gefährdungen für Dritte zu Land durch den Drohneneinsatz
Minimierung Beeinträchtigungen durch Drohnen	Minimierung der Beeinträchtigungen zu Land (Menschen, Tiere) infolge Lärms und subjektivem Empfinden

2.3 Bedürfnisse Benutzer

2.3.1 Überblick

Benutzer	Beschreibung
Operator Drohne	Mitarbeiter, der den Drohneneinsatz steuert und überwacht
Straßenwärter	Operativer Mitarbeiter, der Wartungsarbeiten zur Mängelbeseitigung infolge des Drohneneinsatzes durchführt
Werkstattmitarbeiter	Mitarbeiter, der einfache Wartungstätigkeiten an der Drohne durchführt
Einsatzleiter	Mitarbeiter, der die Einsatzplanung durchführt, z.B. Meistereileiter, Stellvertreter

2.3.2 Operator Drohne

Bedürfnis	Kommentar
Benutzerfreundlichkeit	Intuitive Bedienung, eindeutige Prozessabläufe
Automatisierung	Automatisiertes Starten, Fliegen und Landen, so dass der Einsatz im Regelbetrieb ohne Eingriffe durch den Operator erfolgt Automatische Vorauswahl zur Mängelerfassung durch automatisierte Bildauswertung Einfache Mängelerfassung durch Verfügbarkeit aller Informationen und Daten (Mängelkatalog, Positions- und Zeitdaten, Maßnahmenempfehlung etc.)
Zuverlässigkeit	Hohe Systemstabilität, Minimierung der Häufigkeit des manuellen Eingriffs in Flugmanöver Hohe Trefferquote bei der automatischen Vorauswahl zur Mängelerfassung
Eindeutige Einsatzgrenzen	Eindeutige und einfach bestimmbare Einsatzgrenzen (Verkehr, Witterung, etc.)
Ausreichende Qualifikation	Umfassende Schulung und Qualifikationsmaßnahmen zum Umgang mit Drohnen (Drohnenführerschein, Übungen, etc.)
optimierte Operatorarbeitsplätze	Anforderungen an Bildschirme, Beleuchtung, Ergonomie, Belüftung
Optimierte Arbeitsabläufe	Keine Überforderung durch zu viele zeitlich parallele Entscheidungen und Eingriffe Keine Unterforderung mit Langweile durch zu wenige Entscheidungen und Eingriffe

2.3.3 Straßenwärter

Bedürfnis	Kommentar
Informationsbedürfnis	Einfache Verfügbarkeit ausreichender Informationen zum Einsatz (Mängelart und -maßnahme, Lokalisierung, Dringlichkeit) mit Mängelbericht (Papier, digital)
Genauigkeit	Ausreichende Genauigkeit der Lokalisierung (Station und Lage im Querschnitt) Genauigkeit der Mängelart und -größe, Maßnahmenempfehlung

2.3.4 Werkstattmitarbeiter

Bedürfnis	Kommentar
Wartungsfreundlichkeit	Einfacher Austausch von Ersatzteilen Robustheit von Bauteilen und landseitiger Infrastruktur Möglichkeiten zur Ferndiagnose und -steuerung einzelner Funktionen
Zuverlässigkeit	Minimierung von Systemausfällen (Drohne, landseitige Infrastruktur) im Einsatz, die Werkstattmitarbeiter erforderlich machen, auch „sicheres Landen“
Klare Systemdokumentation	Transparente Systembeschreibung, eindeutige Wartungspläne, eindeutige Inbetriebnahmeanleitungen

2.3.5 Einsatzleiter

Bedürfnis	Kommentar
Hohe Verfügbarkeit	Minimierung der Einsatzgrenzen infolge unzureichender Verkehrs-, Witterungs-, Sicht- oder Streckenbedingungen
Zuverlässigkeit	Minimierung von Systemausfällen im Einsatz, die zu ineffizienten Arbeitsabläufen und -stillstand führen, auch „sicheres Landen“
Einhaltung der Kontrollpflichten	Rechtssichere Umsetzung der bestehenden Pflichten zur Streckenkontrolle durch eindeutige Prozessbeschreibungen

3. Fähigkeiten und Eigenschaften

3.1 Funktionale Anforderungen

3.1.1 Strukturdiagramm

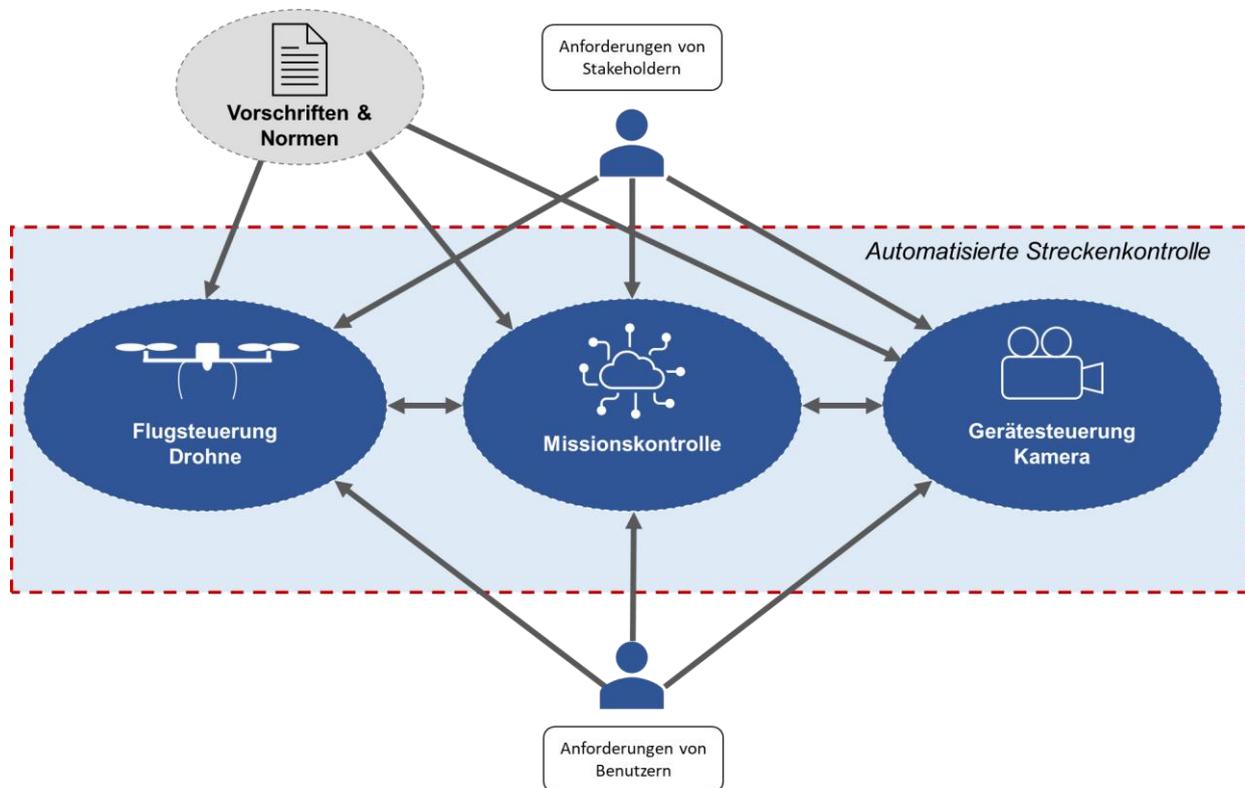


Abbildung 1: Funktionale Struktur

3.1.1.1 Gesamtsystem

Anforderungen von Stakeholdern, Benutzern und aus Vorschriften an das Gesamtsystem

Kennzeichen	Anforderung	Betreiber Bundesautobahnen	Baulastträger Bundesfernstr.	Mitarbeiter (Betriebsrat AdB)	Verkehrsteilnehmer	Unfallversicherung	Datenschutzbeauftragte	Flugsicherheitsbehörden	Operator Drohne	Straßenwärter	Werkstattmitarbeiter	Einsatzleiter
UC9FA_01	Das Gesamtsystem, bestehend aus der Drohne mit Kamera und der Ladestation, soll alle zulassungs- und betriebsrelevanten Vorschriften erfüllen	x	x			x						
UC9FA_02	Der Flugbetrieb soll nicht zu Beeinträchtigungen oder Irritationen für den laufenden Verkehr führen				x	x						x
UC9FA_03	Der Flugbetrieb soll nicht zu Beeinträchtigungen oder Irritationen für den Luftverkehr führen	x	x			x		x				x

3.1.1.2 Missionskontrolle

Anforderungen von Stakeholdern, Benutzern und aus Vorschriften an die Missionskontrolle

Kennzeichen	Anforderung	Betreiber Bundesautobahnen	Baulastträger Bundesfernstr.	Mitarbeiter (Betriebsrat AdB)	Verkehrsteilnehmer	Unfallversicherung	Datenschutzbeauftragte	Flugsicherheitsbehörden	Operator Drohne	Straßenwärter	Werkstattemitarbeiter	Einsatzleiter
Flugmission kontrollieren												
UC9FA_04	Die Missionskontrolle soll die Vorgaben des Bedieners für den Einsatz empfangen, auswerten und an die Flugsteuerung kommunizieren								X			X
UC9FA_05	Die Missionskontrolle soll mindestens die folgenden Betriebsmodi enthalten: <ul style="list-style-type: none"> Automatisierter Betrieb entlang der Kontrollstrecke Automatisierte Rückkehr zum Drohnenport 								X			X
UC9FA_06	Die Missionskontrolle soll die Fluggeschwindigkeit für den Betrieb entlang der Kontrollstrecke vorgeben								X			X
UC9FA_07	Die Missionskontrolle soll die Flughöhe für den Betrieb entlang der Kontrollstrecke vorgeben								X			X
UC9FA_08	Die Missionskontrolle soll den aktuell gültigen Status und die gewählten Betriebsparameter dem Bediener anzeigen								X			X
UC9FA_09	Über die Missionskontrolle soll der Betriebsmodus der Drohne ausgewählt werden								X			X
UC9FA_10	Über die Missionskontrolle sollen Software-Updates für die Flugsteuerung geladen werden										X	
UC9FA_11	Die Missionskontrolle soll vor Beginn der Mission prüfen, ob die geplante Missionsdauer mit der verfügbaren Reichweite erfüllbar ist								X			X
UC9FA_12	Die Missionskontrolle soll relevante Einsatzparameter und Messwerte datenschutzkonform speichern	X	X									
UC9FA_13	Die Bedienung der Missionskontrolle für die Flugsteuerung soll einfach und unmissverständlich möglich sein								X			X
Kamera kontrollieren												
UC9FA_14	Die Missionskontrolle soll die Vorgaben zu Steuerung der Kamera vom Bediener empfangen								X			X
UC9FA_15	Die Missionskontrolle soll die Steuerbefehle für die Kamera an die Kamerasteuerung kommunizieren								X			X
UC9FA_16	Die Missionskontrolle soll die Statusmeldungen der Kamera für den Bediener anzeigen								X			X
UC9FA_17	Über die Missionskontrolle sollen Software-Updates für die Kamerasteuerung geladen werden										X	
UC9FA_18	Die Bedienung der Missionskontrolle für die Kamerasteuerung soll einfach und unmissverständlich möglich sein								X			X
UC9FA_19	Über die Missionskontrolle soll der Datenaustausch der ausgewerteten Bilddaten und Videosequenzen erfolgen		X						X			X

Kennzeichen	Anforderung	Betreiber Bundesautobahnen	Baulastträger Bundesfernstr.	Mitarbeiter (Betriebsrat AdB)	Verkehrsteilnehmer	Unfallversicherung	Datenschutzbeauftragte	Flugsicherheitsbehörden	Operator Drohne	Straßenwärter	Werkstattemitarbeiter	Einsatzleiter
UC9FA_20	Über die Missionskontrolle sollen die Konfigurationsparameter für die automatische Bildauswertung eingegeben werden (z.B. Definition der als relevantes Hindernis zu erkennenden Objekte oder Fahrbahnschäden, Einstellungen zur Länge und Start-/End-Bedingungen der zu übertragenden Videosequenzen, Metadaten zu den entdeckten Objekten, ...)		x						x	x		x

3.1.1.3 Flugsteuerung

Anforderungen von Stakeholdern, Benutzern und aus Vorschriften an die Flugsteuerung

Kennzeichen	Anforderung	Betreiber Bundesautobahnen	Baulastträger Bundesfernstr.	Mitarbeiter (Betriebsrat AdB)	Verkehrsteilnehmer	Unfallversicherung	Datenschutzbeauftragte	Flugsicherheitsbehörden	Operator Drohne	Straßenwärter	Werkstattemitarbeiter	Einsatzleiter
UC9FA_21	Die Flugsteuerung soll die Vorgaben der Missionskontrolle empfangen und auswerten								x			x
UC9FA_22	Die Flugsteuerung soll die aktuellen Betriebsdaten und Statusinformationen an die Missionskontrolle kommunizieren								x			x
UC9FA_23	Die Flugsteuerung soll die Propeller zum automatisierten Flugbetrieb ansteuern								x			x
UC9FA_24	Die Flugsteuerung soll die Informationen der Umfeldüberwachung auswerten und Kollisionen mit anderen Objekten vermeiden	x	x		x	x			x			x
UC9FA_25	Die Flugsteuerung soll permanent die verbleibende Restreichweite berechnen und überwachen								x		x	x
UC9FA_26	Bei Unterschreitung einer vorgegebenen Restreichweite soll die Flugsteuerung die automatische Rückkehr zur Ladestation einleiten, auch wenn die Mission noch nicht abgeschlossen ist.					x			x			x

3.1.1.4 Kamerasteuerung

Anforderungen von Stakeholdern, Benutzern und aus Vorschriften an die Kamerasteuerung

Kennzeichen	Anforderung	Betreiber Bundesautobahnen	Baulastträger Bundesfernstr.	Mitarbeiter (Betriebsrat AdB)	Verkehrsteilnehmer	Unfallversicherung	Datenschutzbeauftragte	Flugsicherheitsbehörden	Operator Drohne	Straßenwärter	Werkstattemitarbeiter	Einsatzleiter
UC9FA_27	Die Kamerasteuerung soll die Vorgaben der Missionskontrolle für die Videoaufzeichnung empfangen und auswerten								X			X
UC9FA_28	Die Kamerasteuerung soll Statusinformationen an die Missionskontrolle kommunizieren								X			X
UC9FA_29	Die Kamerasteuerung soll eine automatische Bildauswertung des Live-Videostreams durchführen		X									X
UC9FA_30	Die Bildauswertung soll über eine Muster- bzw. Objekterkennung verfügen und Veränderungen gegenüber einem Referenz-Video erkennen		X							X		X
UC9FA_31	Die Kamerasteuerung soll Videosequenzen und Metadaten zu möglichen Hindernissen oder Fahrbahnschäden an die Missionskontrolle senden		X							X		X
UC9FA_32	Die Bildauswertungsalgorithmen sollen über regelmäßige Updates oder Selbstlernen kontinuierlich verbessert werden		X							X		X

3.2 Sicherheitsziele / Sicherheitsanforderungen

Sicherheitsziele / -anforderungen an die Missionskontrolle, Flugsteuerung und Kamerasteuerung

Kennzeichen	Anforderung	Missionskontrolle	Flugsteuerung	Kamerasteuerung
UC9SZ_01	Eine unbeabsichtigte oder unautorisierte Änderung der Missionsvorgabe soll verhindert werden	X		
UC9SZ_02	Ein unbeabsichtigtes oder unautorisiertes Starten oder Stoppen der Mission soll verhindert werden	X		
UC9SZ_03	Eine unbeabsichtigte oder unautorisierte Änderung der Flugtrajektorie soll verhindert werden		X	
UC9SZ_04	Eine sicherheitskritische Abweichung zwischen dem Soll- und Istwert der Antriebssteuerung für die Propeller soll verhindert werden		X	

3.3 Cybersecurity-Ziele / -Anforderungen

Cybersecurity-Ziele / -Anforderungen an die Missionskontrolle, Flugsteuerung und Kamerasteuerung

Kennzeichen	Anforderung	Missionskontrolle	Flugsteuerung	Kamerasteuerung
UC9CZ_01	Eine Manipulation der relevanten Missionsparameter soll verhindert werden	x		
UC9CZ_02	Eine Manipulation der Kommunikation zwischen der Missionskontrolle und der Flugzeugsteuerung soll verhindert werden	x		
UC9CZ_03	Das unautorisierte Auslesen der Missionsdaten soll verhindert werden	x		
UC9CZ_04	Eine Manipulation der Missionsdaten durch unautorisierten Zugang zu den Kontrolleinrichtungen soll verhindert werden	x		
UC9CZ_05	Eine Manipulation der Software durch unautorisierte Personen bei der Wartung und Reparatur soll verhindert werden.	x	x	x

4. Empfehlung / Referenz

Zur weitergehenden Erläuterung der obenstehenden Anforderungen soll im Folgenden ein möglicher funktionaler und technischer Aufbau der automatisierten Streckenkontrolle mit einer Drohne skizziert werden.

4.1 Vorgeschlagene funktionale Architektur

Um die Funktionalität der Drohne und der Kamerasteuerung mit Bildauswertung beispielhaft darzustellen, wird die nachstehende Aufteilung in Funktionsblöcke vorgeschlagen:

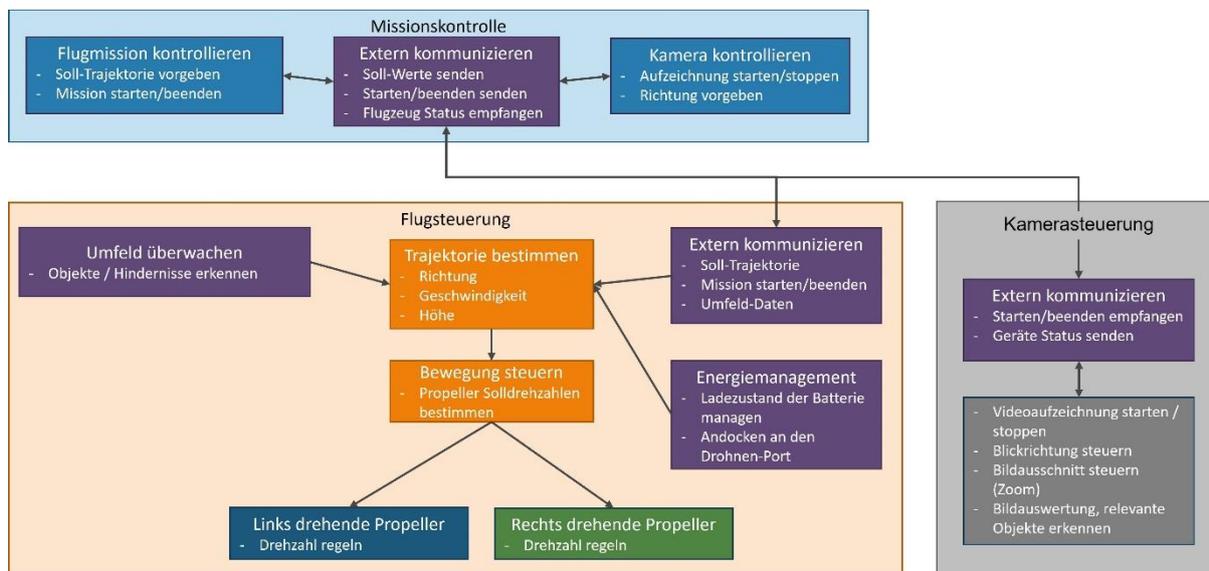


Abbildung 2: Funktionale Architektur

4.1.1 Missionskontrolle

Der Use Case 9 kann in die Flugsteuerung und die Kamerasteuerung als Hauptfunktionen unterteilt werden. Mit Kamerasteuerung ist jedoch nur die Steuerung für die Bildaufzeichnung und Auswertung der Streckenkontrolle gemeint. Für die Umfeldüberwachung der Flugsteuerung kommen ggf. weitere Kameras mit anderer Ausrichtung zum Einsatz.

Die Missionskontrolle beinhaltet die Definition sämtlicher Randbedingungen des Einsatzes, die Kommunikation mit der Drohne und der Kamera. Dazu gehören u.a. Angaben zum/zur

- Start- und Endpunkt des Einsatzes
- Einsatzkonfiguration (Flughöhe, max. Geschwindigkeit, ...)
- Einstellung der Kamera (Zoom, Winkel, ...)
- Konfiguration der Bildauswertung zur Erkennung relevanter Objekte
- Missionsdauer und Energiemanagement

4.1.2 Flugzeugsteuerung

Die Flugzeugsteuerung umfasst den Antrieb für die Propeller für die Umsetzung der Vorgaben bzgl. der Flughöhe, Geschwindigkeit und Richtung. Zusätzlich muss der Ladezustand der Batterie ständig überwacht und ggf. ein Notlandemanöver eingeleitet werden. Der automatisierte Start und die automatisierte Rückkehr an eine Ladestation („Drohnen-Port“) ist ebenfalls Bestandteil des Use Cases.

4.1.3 Kamerasteuerung

Für diesen Use Case ist die Gerätesteuerung beschränkt auf die Steuerung der zur Streckenkontrolle eingesetzten Kamera. Dabei werden nicht nur die Parameter für die Kameraperspektive konfiguriert, sondern auch notwendige Einstellungen für die automatische Bildauswertung vorgenommen. Die Bildauswertung soll den Video-Stream des definierten Fahrbahnausschnitts auf Gegenstände und Schäden überprüfen und für jede Auffälligkeit repräsentative Ausschnitte an die Einsatzstelle zur abschließenden Bewertung durch eine verantwortliche Person senden. Nicht relevante Anteile des Video-Streams werden nicht gespeichert oder übertragen. Damit kann die Datenlast und Übertragungsgeschwindigkeit optimiert werden.

4.2 Vorgeschlagene technische Architektur

Für ein konkretes Konzept der Drohne müssen die beschriebenen Funktionen physischen Subsystemen zugeordnet werden. Eine mögliche Aufteilung ist unten dargestellt. Sie orientiert sich an üblichen und im Wesentlichen marktverfügbaren Lösungen. Die Zuordnung der Funktionen zu den Subsystemen ist über die Farbcodierung erkennbar.

Für die Steuerung des Flugbetriebs und das Lademanagement werden neben der zentralen Flugsteuerung, die im Wesentlichen die Steuerung der Propeller und die Kommunikation beinhaltet, weitere Hardware-Einheiten für die Umfeldüberwachung und das Lademanagement angenommen.

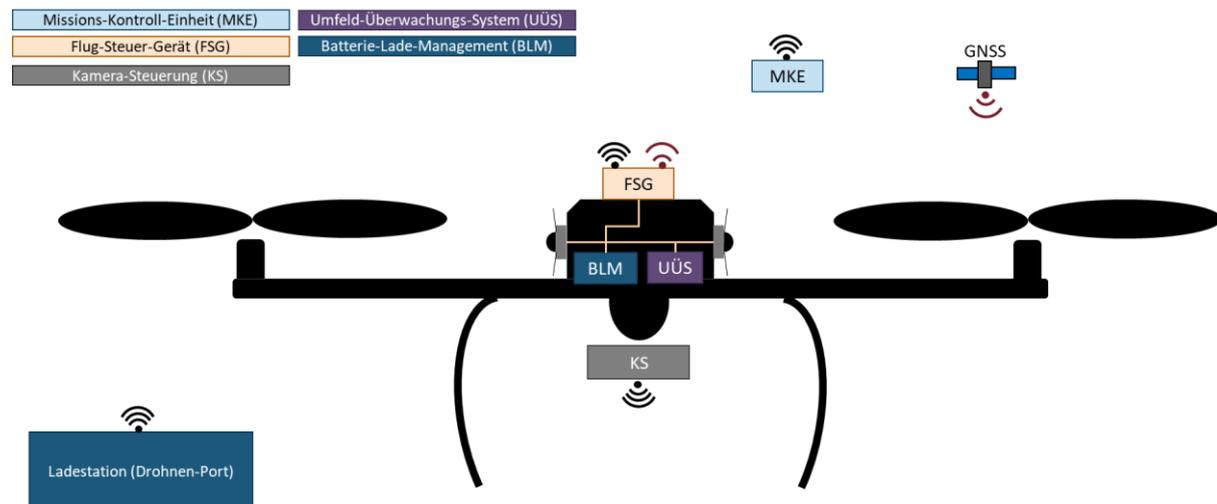


Abbildung 3: Technische Architektur