

gefördert durch



Deutsche  
Bundesstiftung Umwelt

[www.dbu.de](http://www.dbu.de)

## ZWISCHENBERICHT

der MRK Management Consultants GmbH  
im Auftrag der Allianz pro Schiene e. V.



**Fahr  
umweltbewusst!**

### **Projekt Fahr umweltbewusst!**

Energieverbrauch im Schienenverkehr durch den Einsatz  
von Fahrerassistenzsystemen reduzieren

## **MARKTÜBERBLICK FAHRERASSISTENZSYSTEME**

**MRK** MANAGEMENT  
CONSULTANTS



Projekt: Fahr umweltbewusst! Energieverbrauch im Schienenverkehr durch den Einsatz von Fahrerassistenzsystemen reduzieren

Erstellt durch: MRK Management Consultants GmbH

An der Frauenkirche 12  
01067 Dresden

Tel.: (0351) 407 587 – 42

Fax: (0351) 407 612 – 19

E-Mail: fas@mrk-group.de

Im Auftrag: Allianz pro Schiene e.V.  
Reinhardtstraße 31  
10117 Berlin

gefördert durch



Deutsche  
Bundesstiftung Umwelt

[www.dbu.de](http://www.dbu.de)

## Inhalt

1	Vorwort.....	1
2	Einleitung .....	2
3	Definition .....	3
4	Relevanz .....	4
5	Marktrecherche .....	6
5.1	Instrumente und Vorgehensweise .....	6
5.2	Überblick über die untersuchten Systeme .....	7
5.3	Systematisierung der Fahrerassistenzsysteme.....	10
5.3.1	Systemarchitektur und Datengrundlage .....	10
5.3.2	Einsatzbereiche und Anwendergruppen.....	12
5.3.3	Durch das FAS unterstützte Antriebsarten .....	12
5.3.4	Installationsarten der Fahrerassistenzsysteme .....	13
5.3.5	Zulassungspflicht .....	14
5.3.6	Ergänzende Systeme.....	15
5.4	Kostenposition beim Einsatz von Fahrerassistenzsystemen.....	16
5.5	Rechtliche Rahmenbedingungen.....	19
5.6	Energieeinsparpotenziale .....	20
5.7	Einsatzerfahrung mit Fahrerassistenzsystemen aus Anwenderperspektive .....	22
5.7.1	Einsatzgründe aus Anwenderperspektive .....	22
5.7.2	Erfahrungen bei der Energieeinsparung.....	24
5.7.3	Return on Investment.....	26

5.7.4	Probleme bei der Einführung .....	26
5.7.5	Perspektive der Triebfahrzeugführer .....	27
5.8	Treiber für den Einsatz von Fahrerassistenzsystemen .....	31
6	Ausblick: Aktuelle Forschungsprojekte und -ansätze .....	34
7	Zusammenfassung .....	36
	Danksagung.....	38
	Anhang .....	III
	A1 Abkürzungsverzeichnis .....	III
	A2 Abbildungs- und Tabellenverzeichnis .....	IV
	A3 Literaturverzeichnis .....	V
	A4 Fragen der Online-Umfrage.....	XI
	A5 Gesprächsleitfäden für die Experteninterviews.....	XXIV

## 1 Vorwort

Obwohl der Markt für Fahrerassistenzsysteme in der Schienenverkehrsbranche breit gefächert ist, gibt es für interessierte Anwender bisher kaum Möglichkeiten, sich konkret über unterschiedliche Produkte, ihre Einsatzmöglichkeiten und Best Practice bei der Implementierung zu informieren. Um das Wissen in diesem Bereich zu bündeln, hat die Allianz pro Schiene e.V. im Rahmen des Projekts „Fahr umweltbewusst! Energieverbrauch im Schienenverkehr durch den Einsatz von Fahrerassistenzsystemen reduzieren“ die Erstellung des vorliegenden Marktüberblicks in Auftrag gegeben. Er ist die erste Bestandsaufnahme in Deutschland, die das bestehende Angebot von Fahrerassistenzsystemen für den Schienenverkehr in den DACHL-Staaten – das heißt in Deutschland, Österreich, der Schweiz und Luxemburg – erfasst. Er systematisiert die Produkte, informiert über die Einsatzbereiche und dokumentiert Anwendererfahrungen aus der Praxis.

Der vorliegende Bericht richtet sich an alle Akteure der Schienenbranche, die am Einsatz von Fahrerassistenzsystemen interessiert sind. Er beantwortet relevante Fragen wie:

- Welche Systeme gibt es und wo können sie eingesetzt werden?
- Welche Vorteile bringt der Einsatz von Fahrerassistenzsystemen mit sich?
- Welche Kosten müssen bei der Entscheidung für ein Fahrerassistenzsystem berücksichtigt werden?
- Welche Energieeinsparungen stehen den Kosten gegenüber?
- Welche Erfahrungen haben Anwender gemacht?

Die Angaben und Ergebnisse der Marktrecherche bilden im Rahmen des weiteren Projektverlaufs die Grundlage für einen strukturierten Dialog zwischen Anbietern und potenziellen Anwendern von Fahrerassistenzsystemen. Die MRK Management Consultants GmbH bedankt sich bei der Allianz pro Schiene e. V., den an der Erstellung dieses Dokuments beteiligten Experten sowie allen weiteren Unterstützern, die zur Ausarbeitung der vorliegenden Marktrecherche beigetragen haben.

Dresden, January 2018

MRK Management Consultants GmbH

## 2 Einleitung

### Ziele der Marktrecherche

Die Erhöhung der Energieeffizienz hat bei der Eisenbahn Tradition. Schon zur Zeit der Dampflokomotiven wurde versucht, den Verbrauch der Kohlen bei gleichzeitiger Wahrung von Pünktlichkeit und Einhaltung der Betriebsvorschriften zu minimieren. Dieser Grundsatz gilt bis heute.

Seit 1997 übernehmen Fahrerassistenzsysteme (FAS) im deutschsprachigen Raum unter anderem die Aufgabe, energieeffizientes Fahren zu unterstützen. Sie können so auch die Treibhausgasemissionen des Schienenverkehrs vermindern. Ihr Einsatz ist daher für die Erreichung der Ziele des Klimaschutzplans 2050 der Bundesregierung äußerst relevant. Dennoch sind die Vorteile und Möglichkeiten von FAS in der Branche nicht ausreichend bekannt.

Die vorliegende Marktrecherche verfolgt das Ziel, alle Akteure des Schienenverkehrs, die sich für den Einsatz eines FAS interessieren, über die am Markt verfügbaren Systeme und ihre Einsetzbarkeit in verschiedenen Bereichen des Schienenverkehrs zu informieren. Die gesammelten Erkenntnisse aus Theorie und Praxis sollen Anwendern aus den Bereichen Schienenpersonenverkehr, Schienengüterverkehr und Straßenbahnverkehr als Orientierungshilfe dienen.

Dafür listet der Bericht die verschiedenen verfügbaren Systeme in Deutschland, Österreich, der Schweiz oder Luxemburg (DACHL) auf und systematisiert sie nach Funktion und Form. Die Systematisierung wurde mithilfe einer Desk-Research, einer Online-Umfrage und mehreren Experteninterviews erstellt. Ein Überblick über die Vorteile des Einsatzes von FAS und mögliche Energieeinsparungen laut Herstellerangaben ergänzen die Systematisierung.

Im Anschluss dokumentiert der Bericht Anwendererfahrungen aus der Praxis, um dem Leser einen ganzheitlichen Blick auf das Thema zu vermitteln. Erfahrungen bei der Energieeinsparung, beim Return on Investment sowie die Perspektive der Triebfahrzeugführer stehen dabei im Fokus der Betrachtung.

Ein Ausblick auf existierende Forschungsprojekte und -ansätze schließt den Marktüberblick ab.

Die Autoren verweisen an dieser Stelle auf ihre Neutralität hinsichtlich der Ausarbeitung des Dokuments: Sie nehmen an keiner Stelle eine Wertung im Sinne einer Besser- oder Schlechterstellung der einzelnen FAS vor.

### 3 Definition

Als Fahrerassistenzsysteme (FAS) werden in diesem Kontext Produkte verstanden, die Funktionalitäten besitzen, um Triebfahrzeug- oder Lokomotivführern Fahrempfehlungen bereitzustellen.<sup>1</sup> Im Projekt „Fahr umweltbewusst! Energieverbrauch im Schienenverkehr durch den Einsatz von Fahrerassistenzsystemen reduzieren“ des Allianz pro Schiene e.V. sind dabei ausschließlich solche FAS im Fokus, die Funktionen zur Reduzierung des Energieverbrauchs beinhalten und sich in Deutschland, Österreich, der Schweiz oder Luxemburg im Einsatz befinden oder angeboten werden. Die Definition von FAS wird daher wie folgt vorgenommen:

FAS unterstützen Triebfahrzeugführer im schienengebundenen Verkehr (Schienenpersonenverkehr, Schienengüterverkehr, Straßenbahnverkehr) autark, integriert oder teilintegriert bei der Erreichung einer energiesparenden Fahrweise unter Einhaltung der Pünktlichkeit über optische und/oder akustische Fahrempfehlungen.

---

<sup>1</sup> (EPFL, 2013a)

## 4 Relevanz

Im Schienenpersonennahverkehr beträgt der Anteil der Energiekosten an den Gesamtkosten zehn Prozent<sup>2</sup>, im Schienenpersonenfernverkehr ist er – bedingt durch seltenere Halte – niedriger.<sup>3</sup> Im Schienengüterverkehr beträgt der Anteil sogar bis zu 20 Prozent der Gesamtkosten.<sup>4</sup> Steigende Energiekosten, das Bestreben von Politik, Gesellschaft und Unternehmen, umweltschonend und nachhaltig zu handeln sowie der direkte und indirekte Wettbewerbs- und Kostendruck gegenüber anderen Verkehrsträgern und anderen Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU) machen Fahrerassistenzsysteme (FAS) zunehmend interessanter für die Akteure des Eisenbahnverkehrs.

### Weitere Effekte

Die Energieersparung eines FAS können messtechnisch und finanziell nachgewiesen werden, wobei den Methoden der Nachweisführung eine bedeutende Rolle zukommt. Energieeinsparungen sind der größte Motivator für Unternehmen, sich für den Einsatz eines FAS im Schienenverkehr zu entscheiden. FAS geben dem Lokführer z. B. Geschwindigkeitsempfehlungen, um Halte vor Signalen zu vermeiden und die Geschwindigkeit schon im Voraus zu reduzieren. Die Fahrt wird energieeffizienter, da der Bedarf an Traktionsenergie minimiert wird.

Manche Hersteller geben darüber hinaus weitere Effekte und Vorteile an:

**Umwelteffekt:** Die Reduktion des Energieverbrauchs reduziert auch die Treibhausgasemissionen des Schienenverkehrs maßgeblich.

**Kapazität und Pünktlichkeit:** FAS können wesentlich zur Optimierung der Zugfolgen im Schienennetz und zur Verringerung der Fahrzeitenstreuung zwischen zwei Halten beitragen. Dadurch unterstützen sie sowohl die Verflüssigung des Betriebs als auch die Ausnutzung der streckenseitigen Kapazität. Ein flüssiger Betrieb wirkt sich positiv auf die Fahrplanstabilität und die Pünktlichkeit aus.

**Lärmvermeidung:** Fahrempfehlungen, die Streckenbelegung und Signalstellungen berücksichtigen, können unnötige Halte vor Signalen vermeiden und damit

---

<sup>2</sup> (Neumann & Krippendorf, September 2016)

<sup>3</sup> (Forschungsinformationssystem, 2017)

<sup>4</sup> (Hagenlocher & Wittenbrink, 2015)



nicht nur Energie einsparen, sondern auch unnötige Lärmemissionen beim Bremsen und Wiederanfahren verhindern.

**Verschleißreduktion:** Durch das Vermeiden unnötiger Brems- und Beschleunigungsvorgänge wird zudem der mechanische Verschleiß von Fahrzeugkomponenten und der Infrastruktur reduziert. Die Kosten für Instandhaltung und Wartung sinken.

**Anzeige weiterer Informationen:** Neben der Darstellung von Informationen, Benachrichtigungen und sonstigen dispositiven Betriebsinformationen können einige FAS auch bei Stillstand des Fahrzeugs zur Anzeige von Textdateien genutzt werden. Die Bereitstellung solcher Informationen trägt zur Umsetzung eines papierlosen Führerstands bei, der die Arbeit der Triebfahrzeugführer erleichtert.

## 5 Marktrecherche

Das vorliegende Kapitel gibt einen systematisierten Überblick über die Funktionen, Formen und Einsatzbereiche der Fahrerassistenzsysteme. Die im Folgenden dargestellten Inhalte wurden auf Grundlage von drei Arbeitsinstrumenten gewonnen, die einleitend beschrieben werden.

### 5.1 Instrumente und Vorgehensweise

Im Rahmen einer Desk-Research wurden vom 23.03.2017 bis zum 30.06.2017 bereits vorliegende relevante Fachpublikationen zum Thema, wie Artikel in Fachzeitschriften, wissenschaftliche Essays oder Fachbücher, Fachvorträge sowie publizierte Firmen- und Forschungsinformationen gesichtet und ausgewertet. Die Begutachtung frei zugänglicher Informationen schafft eine erste Ausgangsbasis für den Aufbau der Marktrecherche. Sie ermöglicht die Identifikation relevanter Erkenntnisse, Themen und Entwicklungen, die für die Erarbeitung eines umfassenden Berichts notwendig sind.

Um weitere Kenntnisse und Erfahrungen zu Fahrerassistenzsystemen (FAS) zu erfassen, wurde vom 04.07.2017 bis zum 04.08.2017 eine in Zusammenarbeit mit Allianz pro Schiene e. V. entwickelte Online-Umfrage durchgeführt. Die Befragung adressierte Anbieter und (potenzielle) Anwender von FAS in Deutschland, Österreich, der Schweiz und Luxemburg (DACHL-Raum). Um mögliche Bedenken der anvisierten Zielgruppen gegen eine Teilnahme zu minimieren und eine offene Beantwortung der Fragen zu ermöglichen, wurde die Online-Umfrage anonymisiert durchgeführt. Standardisierte Fragen und vorgegebene Antwortmöglichkeiten machten die Antworten vergleichbar und vereinfachten die Interpretation der getroffenen Aussagen. Ergebnisse der Befragung waren qualitative Trendaussagen sowie weiterführende Informationen über Gründe, Hemmnisse und Treiber im Kontext des Einsatzes von FAS.

Anschließend durchgeführte Interviews mit Anwendern, Anbietern und wissenschaftlichen Experten aus dem Bereich der FAS lieferten Detail- und Fachinformationen zum Thema. Die Befragungen wurden in Form von zielgruppenspezifischen Leitfadeninterviews durchgeführt. Die Expertise der Befragten erweiterte den bis dahin erworbenen Wissensstand um qualitative Fakten.

## 5.2 Überblick über die untersuchten Systeme

Fahrerassistenzsysteme (FAS) können in allen Bereichen des schienengebundenen Verkehrs (Schienenpersonenverkehr, Schienengüterverkehr und Straßenbahnverkehr) angewendet werden. Die ermittelten FAS sind dabei in der Regel für bestimmte Einsatzbereiche ausgelegt.

Im Rahmen der Marktrecherche wurden insgesamt 13 FAS mit Funktionen zur Reduzierung des Energieverbrauchs erfasst. Von diesen Systemen können 9 Produkte sowohl im Schienenpersonenverkehr als auch im Schienengüterverkehr eingesetzt werden. Zwei FAS sind speziell auf die Anforderungen des Schienenpersonenverkehrs zugeschnitten. Für den Bereich Straßenbahnverkehr konnten zwei FAS mit der Zielstellung des energiesparenden Fahrens ermittelt werden.

Die Recherche konnte vier weitere, ergänzende Systeme identifizieren, die im Sinne der Projektdefinition keine FAS sind. Da sie dennoch Funktionen zur Energieeinsparung beinhalten oder FAS durch die Vermittlung von Daten unterstützen, wurden sie in den Marktüberblick aufgenommen.

Die durchgeführte Desk Research hat ergeben, dass einzelne EVU in Deutschland, Österreich, Schweiz und Luxemburg bereits FAS im operativen Betrieb einsetzen, es jedoch keine repräsentativen Untersuchungen oder Erhebungen zur Marktdurchdringung der Systeme gibt. Die folgenden Aussagen beziehen sich daher auf die im Projekt durchgeführte Onlineumfrage der MRK Management Consultants GmbH. Unter den Teilnehmern der Umfrage sind alle Anwendergruppen (SPV, SGV, Straßenbahn; vgl. S. 9) vertreten. Innerhalb dieser Anwendergruppen gaben jeweils 15 bis 17 Prozent der Teilnehmer an, ein FAS zu nutzen.<sup>5</sup> Werden die Aussagen der Onlineumfrage zur Nutzung von FAS im Hinblick auf die Fuhrparkgröße betrachtet, so zeigt sich, dass FAS sowohl von großen Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU), als auch von kleineren EVU eingesetzt werden, jedoch erst ab einer Fuhrparkgröße von mehr als 20 Fahrzeugen. Es wurde deutlich, dass die Teilnehmer mit einem Fuhrpark von mehr als 100 Fahrzeugen zu 47 Prozent ein FAS nutzen. Teilnehmer aus Unternehmen mit weniger als 50 Fahrzeugen gaben nur in 7 Prozent der Fälle an, ein FAS einzusetzen.

---

<sup>5</sup> In der Befragung waren Mehrfachnennungen zur Anwendergruppe möglich.

Alle FAS errechnen mit Hilfe von Algorithmen Fahrempfehlungen und übermitteln sie dem Triebfahrzeugführer. Dabei nutzen die Systeme unterschiedliche Datengrundlagen (vgl. Kapitel 5.3.1). Die ermittelten FAS greifen nicht in die Fahrzeugsteuerung ein. Der Funktionsumfang ist daher oft ähnlich.

Die konkrete Ausgestaltung der FAS ist vielfältig. Sie kann individuell an die unterschiedlichen Anforderungen und Bedürfnisse der Nutzer angepasst werden. Aus diesem Grund wurde eine Systematisierung vorgenommen, die die in der Marktrecherche identifizierten Systeme nach Einsatzbereichen, der Eignung für unterschiedliche Antriebsarten und Installationsart einordnet.

Hierzu wurden für alle Systeme folgende Informationen ermittelt, die in der nachfolgenden Übersicht (Tabelle 1) zusammengefasst sind:

- Einsatzbereich/Anwendergruppe (Schienenpersonenverkehr (SPV), Schienengüterverkehr (SGV) oder Straßenbahnverkehr),
- durch das FAS unterstützte Antriebsarten (Diesel- und/oder elektrischer Antrieb),
- Installationsart des FAS (mobil und/oder fest eingebaut),
- Einfluss auf die Zulassung des Schienenfahrzeugs.

In Kapitel 5.3 wird näher auf die hier genannten Kriterien eingegangen.

**Tabelle 1:** Übersicht über alle in der Marktrecherche identifizierten Fahrerassistenzsysteme (FAS)

Anbieter	Produktname	Einsatzbereich/ Anwendergruppe	Geeignet für Fahrzeuge mit Diesel- und/oder Elektroantrieb		Installationsart des FAS		Hinweise
			Diesel	Elektrisch	Mobil	Fest eingebaut	
Alstom S. A.	CATO	SPV / SGV	✓	✓	✓	(✓)	Markteintritt unter Bezeichnung CATO geplant, fest eingebaute onboard-Lösung geplant
Bombardier AG	EBI Drive 50 / DSM	SPV / SGV	✓	✓	✗	✓	Bestandteil des Zugmanagementsystems von Bombardier. Nur anwendbar in Fahrzeugen des Herstellers
Cubris ApS / Danske Statsbaner (DSB)	GreenSpeed	SPV / SGV	✓	✓	✓	✓	bisher im DACHL-Raum nicht in Anwendung, Markteintritt in Deutschland geplant
DB Kommunikationstechnik GmbH	FASSI	SPV	✓	✓	✓	✓	ehem. EcoTrainBook
DB Systel GmbH	ESF-EBuLa	SPV	✓	✓	✗	✓	integriert in elektronischen Buchfahrplan der DB
Inavet GmbH / ETC Gauff Mobility Solutions	smartrains.DAS	SPV / SGV	✓	✓	✓	✓	integriert in verschiedene Betriebsleit- und IT-Systeme
Interautomation Deutschland GmbH / TU Dresden / Inavet GmbH	InLineMobile.FAS	SPV / SGV	✓	✓	✓	✓	
IVU Traffic Technologies AG	IVU.cockpit	SPV / Straßenbahn	✓	✓	✓	✓	Integriert in Betriebsleitsystem
Knorr-Bremse AG	LEADER	SPV / SGV	✓	✓	✗	✓	unterschiedliche Versionen für Personen- und Güterverkehr
SBB AG / CSC	RCS-ADL	SPV / SGV	✓	✓	✓	✓	Bestandteil des Rail Control Systems (RCS) der SBB AG
Siemens AG	ECO Cruise	SPV / SGV	✗	✓	✗	✓	integriert in Siemens Vectron-Loks und nur in diesen anwendbar, greift in die Fahrzeugsteuerung ein
TU Dresden	COSEL	SPV / Straßenbahn	✓	✓	✓	(✓)	Im Einsatz in Dresden und Leipzig, fest eingebaute onboard-Lösung geplant
Voith GmbH und Co. KGaA	EcoScout	SPV / SGV	✓	✓	✗	✓	

Symbolerläuterung:

✓ Aussage trifft zu ✗ Aussage trifft nicht zu

## 5.3 Systematisierung der Fahrerassistenzsysteme

### 5.3.1 Systemarchitektur und Datengrundlage

Fahrerassistenzsysteme (FAS) sind Systeme, die Lok- bzw. Triebfahrzeugführern akustische oder visuelle Fahrempfehlungen bereitstellen. In seinem Grundaufbau besteht ein FAS aus einem Programmcode, welcher Empfehlungen berechnet oder vorgibt, und einer Benutzerschnittstelle, welche zur Abgabe der Fahrempfehlung genutzt wird.<sup>6</sup> Letzteres stellt dabei die Kernfunktion eines FAS dar.

Bei den Fahrempfehlungen handelt es sich zum Beispiel um Geschwindigkeits- oder Ausrollempfehlungen. Ziel der Empfehlungen ist, den Energieverbrauch der Fahrt zu minimieren, unter Einhaltung der Betriebsvorschriften und unter Wahrung der Pünktlichkeit. Der Triebfahrzeugführer entscheidet dabei in jedem Fall eigenverantwortlich, ob er die angebotenen Empfehlungen umsetzt oder nicht.

Ferner können die Systeme zur Darstellung von Betriebsinformationen genutzt werden, wie bspw. der aktuellen Fahrplanlage (Verfrühung, Verspätung) oder zur Darstellung von Anschlussinformationen. Gestaltung und Umfang der dargestellten und wiedergegebenen Informationen sind herstellerspezifisch unterschiedlich und können individuell an Kundenwünsche angepasst werden.

Zur Abgabe einer Fahrempfehlung greifen die Systeme auf unterschiedliche Input-Daten zurück. Die Recherche hat ergeben, dass in nahezu allen Fällen die folgenden Daten Grundlage für die Berechnung der Fahrempfehlungen sind:

- Ist-Geschwindigkeit des Fahrzeugs,
- Position des Fahrzeugs auf der Strecke,
- Streckenprofile,
- Fahrplanlage.

Vor allem die Streckenprofile liegen den Unternehmen meist in unterschiedlicher Form und Güte vor. Die Genauigkeit dieser Daten bestimmt allerdings maßgeblich die Qualität der Fahrempfehlungen.

---

<sup>6</sup> Je nach Installationsart und Gestaltung des FAS können dabei technische Schnittstellen zu Sensoren oder anderen Bordsystemen hinzukommen.

Einige der identifizierten Systeme beziehen darüber hinaus weitere Daten zur Berechnung der Fahrempfehlungen ein, zum Beispiel:

- Zuggewicht,
- Zuglänge,
- Daten zur Betriebslage,
- Fahrzeugleistungsdaten,
- Bremsstellung der Fahrzeuge (R, P, G),
- Anzahl der aktuell beförderten Fahrgäste.

Die Einbeziehung dieser Datengrundlagen kann zu einer präziseren Fahrempfehlungsberechnung führen. Damit lässt sich das Energieeinsparpotenzial weiter erhöhen.

Vor Einführung eines FAS müssen Anbieter und Verkehrsunternehmen klären, auf welche Daten das System zurückgreifen soll und wo diese Daten vorliegen bzw. beschafft werden können.

Die Datenverarbeitung und die damit verbundene Berechnung der Fahrempfehlung können entweder direkt auf dem Anzeigegerät oder Bordrechner des Fahrzeugs erfolgen, oder auf einem zentralen Betriebsserver mit anschließender Datenübermittlung an das Fahrzeug stattfinden. Unter den identifizierten FAS treten beide Varianten dabei gleich häufig auf.

Die Benutzerschnittstelle eines FAS, auch Human-Machine-Interface genannt, wird auf dem Führerstand des Triebfahrzeugs installiert. Die Benutzerschnittstelle kann ein Smartphone, ein Tablet, ein festeingebauter Monitor oder eine Bedienfläche sein. Je nach Ausgestaltung (vgl. Kapitel 5.3.4) kann sie über integrierte Kommunikationsschnittstellen zur Ausgabe von Fahrempfehlungen durch akustische oder optische Signale an den Triebfahrzeugführer sowie ggf. zusätzlich zur Eingabe von Informationen verwendet werden.

Über integrierte Kommunikationsschnittstellen, bspw. Mobilfunk- oder W-LAN-Schnittstellen, können die Endgeräte im Führerstand Datenaustausch betreiben. Somit können z. B. der aktuelle Fahrzeugstandort an einen zentralen Betriebsserver übertragen werden, oder dort berechnete Fahrempfehlungen an das Endgerät im Fahrzeug übertragen und ausgegeben werden.

### 5.3.2 Einsatzbereiche und Anwendergruppen

Im Rahmen der Marktrecherche wird zwischen drei Anwendergruppen unterschieden: Unternehmen des Schienenpersonennah- und -fernverkehrs im Vollbahnbereich, des Schienengüterverkehrs sowie Straßenbahnverkehrsunternehmen. Die entsprechenden Einsatzbereiche von Fahrerassistenzsystemen (FAS) bedingen unterschiedliche Herangehensweisen bei der Berechnung der Fahrempfehlungen für den Lok- bzw. Triebfahrzeugführer.

So können im Personenverkehr durch die eher kurzen Teilstrecken und häufigen Zwischenhalte Fahrzeitreserven in einem regelmäßigen Fahrplan ausgenutzt werden. Im Güterverkehr hingegen liegt ein solcher Fahrplan häufig nicht vor und es handelt sich um längere Direktverkehre mit wenigen planmäßigen Zwischenhalten. Bei FAS in diesem Bereich liegt der Fokus somit hauptsächlich auf der Vermeidung von unnötigen Halten vor Signalen oder Konflikten mit dem Personenverkehr. Je nach Einsatzbereich wird daher ein spezifischer Programmcode verwendet, wobei sich die in im Rahmen der Marktrecherche ermittelten FAS teilweise für beide Einsatzbereiche anpassen lassen.

Für die Anwendergruppe des Straßenbahnverkehrs gibt es zwar eine Reihe von Assistenzsystemen, jedoch fokussiert sich hier der Großteil auf die Erhöhung der Sicherheit und die Entlastung der Fahrer durch automatische Erkennung von Hindernissen und Kollisionswarnung oder die Beeinflussung von Lichtsignalanlagen. Mit Bezug auf den Projektfokus Energieeinsparung konnte im DACHL-Raum nur zwei Systeme identifiziert werden. Gründe hierfür finden sich in der üblicherweise starken Durchmischung von Straßenbahnverkehren mit Individualverkehren, bspw. an innerstädtischen Kreuzungen. Diese erfordert eine andere Herangehensweise in Bezug auf die Gestaltung der Optimierungsalgorithmen als bei den anderen Anwendergruppen.

### 5.3.3 Durch das FAS unterstützte Antriebsarten

Wie in Tabelle 1 ersichtlich, eignen sich viele Systeme für den Einsatz sowohl in elektrisch betriebenen als auch in dieselpetriebenen Fahrzeugen. Die Hersteller von Fahrerassistenzsystemen (FAS) bieten ihre Produkte meist für beide Antriebsarten an, da in der Regel lediglich der Algorithmus und die Parametrisierung des zugrundeliegenden Programmcodes angepasst werden müssen.

Bei elektrisch betriebenen Schienenverkehren ist es möglich, bei Bremsvorgängen Energie in die Fahrleitung oder – bei Hybridantrieben – in ein bordeigenes Spei-



chermedium zurückzuspeisen (Rekuperation). FAS für elektrisch betriebene Fahrzeuge können die Energierückspeisung durch das elektrische Bremsen in den Fahrempfehlungen berücksichtigen. Besonders im Schienenpersonennahverkehr mit häufigen Bremsvorgängen kann diese Möglichkeit genutzt werden.

#### **5.3.4 Installationsarten der Fahrerassistenzsysteme**

Fahrerassistenzsysteme (FAS) können hinsichtlich ihrer Installationsart unterschieden werden. Die Systeme unterteilen sich in mobile Systeme und fest in das Fahrzeug eingebaute Systeme. Beide Varianten werden im Folgenden kurz erläutert.

Einige Systeme werden sowohl in mobiler Form, als auch in fest eingebauter Form (integriert in ein dezidiertes oder ggf. bereits bestehendes Display) angeboten. Daher sind in der Übersicht in Tabelle 1 in einigen Fällen beide Varianten parallel angegeben.

##### **Mobile Fahrerassistenzsysteme**

Bei mobilen FAS handelt es sich um Applikationen, die auf einfach austauschbaren Geräten wie handelsüblichen Smartphones und Tablets installiert werden. Die Fahrempfehlungen werden dabei auf den Geräten selbst dargestellt. Durch integrierte Kommunikationsschnittstellen können sie z. B. Mobilfunk oder W-LAN-Verbindungen nutzen, um mit externen Servern zu kommunizieren und Daten auszutauschen. Da die Systeme kein fester Bestandteil des Triebfahrzeugs sind, können sie flexibel eingesetzt werden und haben keine Auswirkungen auf die Fahrzeugzulassung. Einen Nachteil stellt dabei jedoch eine unter Umständen mögliche Überladung des Führerstandes dar.

##### **Fest eingebaute Fahrerassistenzsysteme**

Fest eingebaute FAS sind innerhalb des Führerstands verbaut, zum Beispiel in einem Geräteschacht im Fahrzeug, oder in bestehende Bordcomputer integriert. Die fest eingebauten Systeme müssen über einen Nachweis der funktionalen Sicherheit verfügen. Der bauliche Eingriff muss ggf. durch die nationalen Zulassungsbehörden geprüft und zugelassen werden, was einen erheblichen Mehraufwand bedeutet (vgl. Kapitel 5.3.5). Ein Vorteil fest eingebauter FAS ist die Möglichkeit, Daten aus dem Fahrzeug direkt einspeisen zu können. Die Integration eines FAS in bestehende Displays kann außerdem einer möglichen Überladung des Führerstands mit unterschiedlichen Geräten und Anzeigen entgegenwirken.

Im Rahmen der Marktrecherche wurden einige fest eingebaute Systeme identifiziert, die von Herstellern von Schienenfahrzeugen entwickelt wurden und über herstellerspezifische Datenschnittstellen verfügen. Sie können ausschließlich in Fahrzeugen desselben Herstellers oder desselben Fahrzeugtyps eingesetzt werden. Im Hinweissfeld der Tabelle 1 ist diese Eigenschaft jeweils vermerkt.

### 5.3.5 Zulassungspflicht

Beim Thema Zulassungspflicht muss generell zwischen der Zulassung des eigentlichen Fahrerassistenzsystems (FAS) und der Fahrzeugzulassung infolge einer Verwendung eines FAS unterschieden werden. Letztere ist Gegenstand dieses Kapitels.

Auswirkungen auf die Fahrzeugzulassung haben FAS dann, wenn aufgrund der (nachträglichen) Installation technische Veränderungen am Fahrzeug vorgenommen werden. Zulassungsrelevant sind FAS mit Funktionen, die in die Fahrzeugsteuerung eingreifen oder sich sicherheitsrelevant auf den Betrieb des Fahrzeugs auswirken. Dies sind z. B. Systeme, die direkt auf Sensoren und Datenbussysteme des Fahrzeugs zugreifen können, oder sicherheitsrelevante Funktionen ausführen, wie die Einleitung von Bremsvorgängen. Entsprechende Systeme müssen nach dem „fail safe“-Ansatz konstruiert sein und über einen „Nachweis der funktionalen Sicherheit“ verfügen. Sie unterliegen der Prüfung und Zulassung durch die verantwortlichen nationalen Prüfbehörden, in Deutschland durch das Eisenbahnbundesamt (EBA) oder eine Landeseisenbahnaufsicht (LEA). Die Verantwortlichkeit für die Abwicklung der – gegebenenfalls erneuten – Zulassung des Fahrzeuges liegt dabei je nach Anwendungsfall bei unterschiedlichen Akteuren.

Wenn das fest eingebaute FAS bereits ab Werk installiert ist oder eine Möglichkeit der Installation vorsieht, liegt die Verantwortung für den Prozess beim Fahrzeughersteller. Wird das FAS nachträglich mit technischer Veränderung des Fahrzeugs eingebaut, ist das Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU) zuständig. Ein Sonderfall besteht beim Leasing von Fahrzeugen. In diesem Fall obliegt das Zulassungsprozedere dem Leasinggeber.

Beinhaltet ein FAS lediglich informierende oder empfehlende Funktionen, die keinen Einfluss auf die Steuerung des Fahrzeuges haben und der Einbau keine baulichen Veränderungen am Fahrzeug notwendig macht, ist die Installation nicht zulassungspflichtig.

### 5.3.6 Ergänzende Systeme

Wie in Kapitel 5.2 erläutert, wurden neben den in Tabelle 1 vorgestellten Fahrerassistenzsystemen (FAS) vier weitere Produkte identifiziert, die ebenfalls Funktionalitäten zur Energieeinsparung beinhalten, bzw. FAS durch die Übertragung von Daten unterstützen. Folgende Systeme wurden innerhalb der Recherche identifiziert:

- Die „Grünen Funktionen der Zuglaufregelung“ der DB Netz AG,
- Das Fahrerinformationssystem RailOpt DIS,
- Das Zugbeeinflussungssystem Trainguard MT,
- Das Dispositions- und Bahnleitsystem Automatik Funktion.

Die „Grünen Funktionen der Zuglaufregelung“ der DB Netz AG bieten eine Datenschnittstelle für gesammelte, infrastrukturseitige Betriebsdaten. Die Daten können einem Betriebsserver in der Leitstelle eines Eisenbahnverkehrsunternehmens zur Verfügung gestellt werden. FAS, die mit ihrer zentralen Komponente in der Leitstelle angesiedelt sind, können dann auf diese Daten zugreifen. Zukünftig soll auch die direkte Übermittlung der Daten auf die FAS in den Fahrzeugen möglich sein.

Das Produkt RailOpt DIS ist ein Fahrerinformationssystem, in das eine Assistenzfunktion zur Energieeinsparung integriert werden kann. Die entsprechende Komponente ist jedoch nicht standardmäßig im Informationssystem enthalten und wird vom Hersteller ETC bereitgestellt.

Das Produkt Trainguard MT ist ein Zugbeeinflussungssystem, das bis hin zum voll automatisierten Fahren ein breites Funktionsspektrum abdeckt. Es beinhaltet auch Funktionen zur Energieeinsparung, die jedoch nicht separat verfügbar sind.

Das Dispositions- und Bahnleitsystem Automatik Funktion ist ein Optimierungssystem für Vollbahnen und Bestandteil von Admirail. Es bietet dem Fahrdienstleister Unterstützungsmöglichkeiten zur Konflikterkennung durch die Auswertung von ETCS-Positions und -Geschwindigkeitsreportings der Fahrzeuge. Anhand dieser unterbreitet das System dem Fahrdienstleister Vorschläge zur Optimierung und Umstellung von Zugfolgen und berechnet die optimalen Fahrgeschwindigkeiten, welche per RBC an die Onboard-Units der Fahrzeuge übertragen werden. Dadurch können, neben einer Optimierung der Transportkapazität, durch das Vermeiden unnötiger Halte, eine Senkung des Energieverbrauchs und Reduzierung des Verschleißes erreicht werden.

## 5.4 Kostenposition beim Einsatz von Fahrerassistenzsystemen

Die zu berücksichtigenden Kosten bei Einführung und Betrieb sind ein wesentliches Kriterium bei der Wahl eines Fahrerassistenzsystems (FAS). Die Kosten für die Einführung eines FAS sind von Fall zu Fall unterschiedlich. Nur einzelne Experten äußerten sich zu den Kosten von FAS, da Preise von den Herstellern, aufgrund der mit den Verkehrsunternehmen abgestimmten Funktionen, Vorgaben, verwendbaren Datengrundlagen und Nutzungsmodellen, individuell kalkuliert werden und deshalb im Einzelfall stark voneinander abweichen können. Die getroffenen, unverbindlichen Aussagen der Experten reichten dabei von hohen fünfstelligen, bis zu mittleren sechsstelligen Investitionskosten für ein Unternehmen.

Die vorliegende Marktrecherche beschränkt sich daher auf eine Nennung ggf. zu berücksichtigender Kostenkategorien. Die Recherche hat die in Tabelle 2 erläuterten Kostenpositionen identifiziert, die bei Einführung und Betrieb von FAS anfallen können.

Die Kosten lassen sich in Investitions-, Betriebs- und Schulungskosten unterscheiden. Mögliche Kostenbestandteile dieser drei Bereiche sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst.

**Tabelle 2:** Mögliche Kostenbestandteile bei Einführung eines FAS

Kosten-kategorie	mögliche Bestandteile	Kurzbeschreibung
<b>Investitionskosten</b>	<b>Hardwarekosten</b>	Bspw. Beschaffung oder Bereitstellung von Hardwarekomponenten (Server, Ausgabegeräte)
	<b>Basissystem</b>	Grundfunktionalitäten des FAS
	<b>kundenspezifische Anpassung des Basissystems</b>	Anpassung des FAS-Basissystem an individuelle Bedürfnisse und Datengrundlagen, Updates
	<b>Datengrundlage</b>	Bereitstellung, Erhebung oder Generierung von fehlenden Datengrundlagen
	<b>Installation</b>	Kosten für die Installation (bspw. Einbau) der Systeme
<b>Betriebskosten</b>	<b>Grundkosten</b>	Monatliche Grundkosten durch Mieten oder Leasen, Softwarelizenzkosten
	<b>IT-Betreuung</b>	Betreuung der IT-Komponenten durch eigene oder externe Mitarbeiter
	<b>Wartung</b>	Wartung der IT-Komponenten durch eigene Mitarbeiter
<b>Schulungskosten</b>	<b>Schulung</b>	Interne und externe Schulungskosten für die Nutzung der Systeme

### Investitionskosten

**Hardwarekosten:** Die Hardwarekosten sind abhängig von der Anzahl der zu installierenden und der für den Betrieb notwendigen Hardwarekomponenten. Abhängig von der Gestaltungsform (vgl. Kapitel 5.3.4) muss nicht in jedem Fall ein Anwendungsserver, jedoch mindestens ein Ausgabegerät pro Fahrer oder Fahrzeug vorgesehen werden. Darüber hinaus sollten Reserve-Ausgabegeräte für eventuelle Ausfälle, Beschädigungen oder Verlust zur Verfügung stehen. Schnittstellen zu weiteren Systemen (z. B. zu RBL-Systemen) ergänzen die Hardware.

**Basissystem:** Das Basissystem beinhaltet die grundsätzlichen Programmfunktionen und Algorithmen des FAS. Es wird vom Anbieter auf die individuellen Bedürf-

nisse und Datengrundlagen des Anwenders angepasst. Abhängig vom Anbieter kann es regelmäßige Updates der Software oder der verwendeten Datengrundlage beinhalten.

**Datengrundlage:** Da die Funktionalitäten der FAS auf bestimmten Datengrundlagen aufbauen, müssen Datengrundlagen ggf. erweitert, aktualisiert oder sogar neu generiert oder erhoben werden. Das Aufbereiten oder Einmessen von Streckendaten und sonstigen Daten für die Programmfunktionen des FAS ist abhängig von der Größe und Komplexität des Netzes und kann im Einzelfall sehr kostenintensiv sein. Ohne geeignete Datengrundlage können FAS-Funktionalitäten nicht zielgerichtet eingesetzt werden.

**Installationskosten:** Sofern FAS nicht bereits ab Werk im Fahrzeug vorhanden sind, fallen Installationskosten an. Sie sind abhängig von der Gestaltungsform des FAS (vgl. Kapitel 5.3.4). Die Installation mobiler Endgeräte wie Smartphones oder Tablets ohne technische Veränderung des Führerstands verursachen nur geringe Installationskosten. Bei technischen Veränderungen eines Fahrzeugs, die zulassungspflichtig sind, entstehen bei der Nachrüstung festeingebauter Systeme höhere Kosten durch zu erbringende Sicherheitsnachweise. Mögliche entstehende zusätzliche Antrags- und Bearbeitungszeiten beeinflussen die Installationskosten zusätzlich.

### **Betriebskosten**

Die zu berücksichtigenden und potenziell anfallenden Betriebskosten sind stark abhängig von der jeweils betrachteten Lösung. Sie können in direkte und indirekte Betriebskosten unterteilt werden.

**Direkte Betriebskosten** können durch das Mieten oder Leasen der Hardware oder in Form von Softwarelizenzkosten anfallen. Sie sind an das vertraglich vereinbarte Nutzungsmodell sowie an die Anzahl der ausgestatteten Fahrzeuge gebunden.

**Indirekte Betriebskosten** entstehen durch den personellen Aufwand einer internen oder externen IT-Betreuung, die die Systeme und ihre dazugehörigen Komponenten sowie die notwendige Serverarchitektur wartet. Ggf. erforderliche Updates können abhängig vom Angebot des Herstellers ebenfalls Betriebskosten verursachen. Handelt es sich bei der FAS-Lösung um eine mobile Anwendung auf Smartphone oder Tablet, müssen auch Kosten für Reparatur und Wartung und regelmäßigen Ersatz der Geräte entsprechend der üblichen Nutzungsdauern berücksichtigt

werden. Daneben entstehen ggf. auch kalkulatorische Kosten durch die Nichtverfügbarkeit der betreffenden Fahrzeuge während der Ein- und Umbauphasen.

In Bezug auf die Betriebskosten äußerte sich die Mehrheit der Teilnehmer der Online-Umfrage dahingehend, dass die Betriebskosten des eingesetzten FAS den Erwartungen entsprachen. Einige Teilnehmer gaben an, dass die Betriebskosten sogar niedriger als erwartet ausfielen. Dies lässt darauf schließen, dass die Betriebskosten von FAS gut kalkulierbar und planbar sind.

### **Schulungskosten**

Um den Triebfahrzeugführern die Arbeit mit einem FAS zu erleichtern, bieten Hersteller Schulungen für den Umgang mit ihren Systemen an. Sind die Schulungskosten kein Bestandteil des Angebots, fallen zusätzliche Kosten an. Diese richten sich nach der Anzahl der Schulungseinheiten und -teilnehmer. Führt das Verkehrsunternehmen interne Schulungen durch, können ebenfalls Kosten im Rahmen der Aus- und Weiterbildung anfallen.

## **5.5 Rechtliche Rahmenbedingungen**

Bei Einführung und Betrieb von Fahrerassistenzsystemen (FAS) sind von den Unternehmen verschiedene rechtliche Rahmenbedingungen zu berücksichtigen.

In jedem Fall muss der Eisenbahnbetriebsleiter des Verkehrsunternehmens das vorgesehene FAS als sicher einschätzen und dessen Einsatz freigeben. Schätzt der Eisenbahnbetriebsleiter die Empfehlungen als störend oder ablenkend für die Triebfahrzeugführer ein, kann er die Einführung des Systems in der vorgesehenen Form aus Gründen der Betriebssicherheit unterbinden.

Wenn FAS mit Komponenten der Sicherungstechnik oder der Fahrzeugsteuerung interagieren, müssen für die Systeme Nachweise ihrer funktionalen Sicherheit erbracht werden. Dies gilt insbesondere für Anwender, die die Entwicklung eigener FAS planen. Ein solcher Nachweis muss gegenüber dem Eisenbahnbundesamt oder einer Landeseisenbahnaufsicht erbracht werden. Zudem können sich Konsequenzen für die Fahrzeugzulassung ergeben (vgl. Kapitel 5.3.5).

Die Benutzerschnittstellen mobiler FAS wie Smartphones oder Tablets können mit Sensoren, Ortungskomponenten und Kommunikationsschnittstellen ausgerüstet sein, die z. B. Daten zur Fahrzeugposition generieren können. Solche Daten werden zur Berechnung der Fahrempfehlung ausgewertet. Plant das Unternehmen darüber hinaus eine Auswertung der vom FAS selbst generierten Daten für interne

Zwecke, bspw. zur Leistungs- oder Verbrauchskontrolle, fällt dies in das Mitbestimmungsrecht des Betriebsrats (§ 87 BetrVG Abs. 1 Nr. 6). Sofern ein EVU einen Betriebsrat gewählt hat, muss dieser der Verwendung der Daten zustimmen. Die Erfassung und Auswertung personenbezogener Daten ist rechtlich sensibel. Triebfahrzeugführern dürfen keine persönlichen Nachteile aus einer Nutzung oder Nichtnutzung der Systeme entstehen. Das Eigentumsverhältnis der generierten Daten sollte außerdem vertraglich zwischen dem Anwender und Hersteller geregelt sein.

## 5.6 Energieeinsparpotenziale

Das Energieeinsparpotenzial und die damit verbundene Reduzierung der Energiekosten ist ein zentraler Aspekt bei der Einführung von Fahrerassistenzsystemen (FAS) im Schienenverkehr.

Die in der Marktrecherche identifizierten FAS wurden im Hinblick auf die anbieterseitig vorliegenden Informationen zu Energieeinsparungen analysiert. Es wurde eine anonymisierte Auswertung durchgeführt, getrennt nach den Anwendergruppen Personen- und Güterverkehr (vgl. Abbildung 1). Die Gegenüberstellung wurde anonymisiert vorgenommen, um eine Heraushebung einzelner Systeme zu vermeiden.

Das im Straßenbahnverkehr anwendbare System erreichte in Verbindung mit einer Steuerungssoftware für Lichtsignalanlagen bis zu 30% Einsparung zwischen zwei Haltestellen auf den betreffenden Linien.

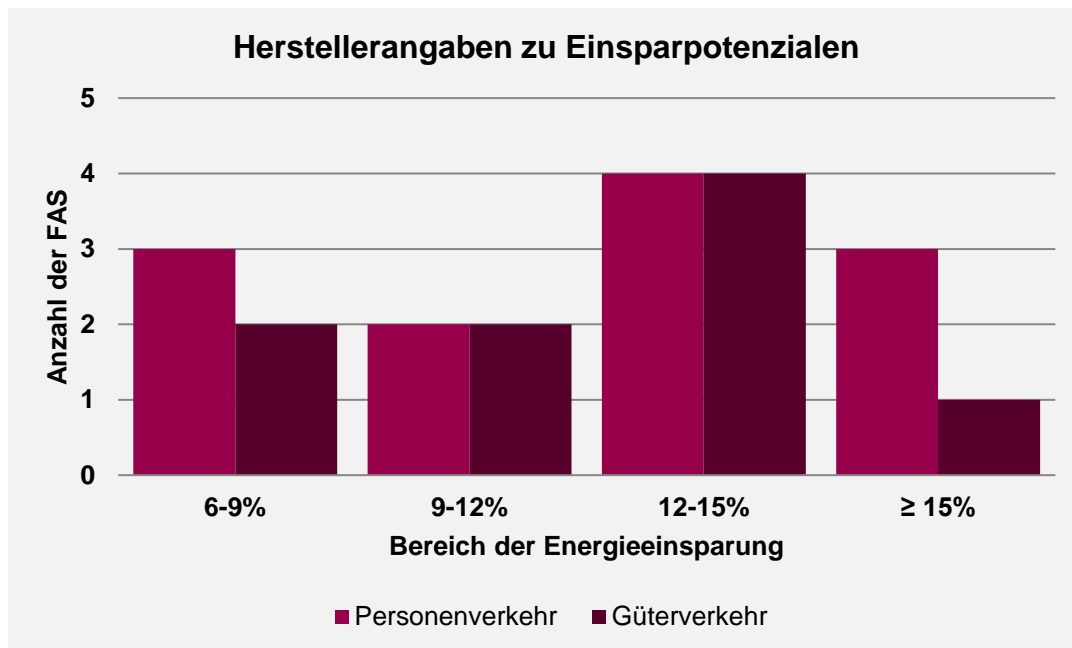
Das Energieeinsparpotenzial der betrachteten FAS bewegt sich nach Angaben der Anbieter grundsätzlich in einem Bereich zwischen mindestens sechs Prozent und über 15 Prozent. Unabhängig vom Einsatzbereich bewegen sich die meisten Nennungen im Bereich von 12 bis 15 Prozent Energieeinsparung (vgl. Abbildung 1). Dabei ist im Personenverkehr eine breitere Streuung der Angaben zu verzeichnen als im Güterverkehr. Dies lässt sich einerseits auf fahrdynamische Eigenschaften und Leistungsparameter der Fahrzeuge zurückführen, andererseits hat auch die Gestaltung des Fahrplans im Hinblick auf das Ausmaß vorhandener Fahrplanreserven Einfluss auf die erzielbaren Einsparungen. Da Fahrplanreserven zur Kompensation von Verspätungen vorgesehen werden, bieten sie im Regelbetrieb Möglichkeiten zur Energieeinsparung: Der Triebfahrzeugführer kann auch mit einer, bezogen auf die Höchstgeschwindigkeit, reduzierten Geschwindigkeit pünktlich seinen Halt erreichen und verringert damit den Energieverbrauch des Fahr-



zeugs. Je weniger Fahrplanreserven zur Verfügung stehen, desto weniger Möglichkeiten bestehen zu solchen Reduzierungen der Geschwindigkeit während der Fahrt. Damit kann ein FAS keine Empfehlungen zu einer energiesparenden Fahrweise ausgeben, da im Eisenbahnbetrieb der Leitsatz „Sicherheit vor Pünktlichkeit vor Energieeinsparung“ gilt und das höherrangige Ziel der Pünktlichkeit beeinträchtigt werden würde.

Das theoretisch vorhandene Energieeinsparpotenzial unterliegt im realen Betrieb zahlreichen äußeren Einflussfaktoren. Betriebliche Konfliktsituationen oder unerwartet lange Fahrgastwechselzeiten können dazu führen, dass die tatsächlich realisierten Energieeinsparungen der Anwender unter den von den Herstellern angegebenen Werten bleiben (vgl. Kapitel 5.7.2.). Die Angaben der Hersteller sind dementsprechend als Orientierungswerte zu betrachten.

Umgekehrt können theoretisch sogar höhere Einsparungswerte erzielt werden, wenn ein FAS Daten der Infrastruktur oder Fahrgastzahlen in die Berechnung der Fahrempfehlung mit einbeziehen kann.



**Abbildung 1:** Anonymisierte Angaben der identifizierten Hersteller von Fahrerassistenzsystemen zum Energiesparpotenzial

## 5.7 Einsatz Erfahrung mit Fahrerassistenzsystemen aus Anwenderperspektive

Das vorliegende Kapitel dokumentiert Anwendererfahrungen aus der Praxis. Im Fokus der Betrachtung stehen insbesondere Erfahrungen bei der Energieeinsparung, Erfahrungen in Bezug auf den Return on Investment (ROI) sowie die Perspektive der Triebfahrzeugführer. Die im Folgenden dargestellten Inhalte wurden auf Grundlage der drei Arbeitsinstrumente gewonnen, die in diesem Dokument einleitend beschrieben wurden.

### 5.7.1 Einsatzgründe aus Anwenderperspektive

Im Rahmen der Recherche konnten zahlreiche Gründe ermittelt werden, die Unternehmen dazu bewegen oder bereits bewogen haben, ein Fahrerassistenzsystem (FAS) einzusetzen. Die für die befragten Unternehmen wichtigsten Gründe, sich für ein FAS zu entscheiden, werden im Folgenden näher erläutert. Der prozentuale Anteil der Einführungsgründe, die in der Recherche ermittelt worden sind, ist in Abbildung 2 dargestellt.

#### **Kosten- und Energieeinsparungen:**

Für fast alle befragten Unternehmen aus den Bereichen Schienenpersonen- und Schienengüterverkehr, die den Einsatz eines FAS planen, sind mögliche Kosten- und Energieeinsparungen der größte Motivator (vgl. Abbildung 2). Die Nennungen dieses Grundes bewegen sich in beiden Bereichen zwischen 90 und 100 Prozent. Dies gilt auch für diejenigen Personen- und Güterverkehrsunternehmen, die bereits ein FAS einsetzen. Da die Einsparung von Energiekosten wesentlich zur Senkung der laufenden Betriebskosten beiträgt, lässt sich die häufige Nennung dieses Grundes leicht nachvollziehen.

Weil FAS im Straßenbahnverkehr vor allem zur Erhöhung der Sicherheit eingesetzt werden (vgl. Kapitel 5.3.2.), sind Energieeinsparungen dort nur für 60 Prozent der befragten Unternehmen ein primäres Motiv.

#### **Kostenwirksame Nebeneffekte:**

95 bis 100 Prozent der befragten Unternehmen im Vollbahnbereich gehen davon aus, dass der Einsatz eines FAS neben der Reduzierung von Energiekosten weitere kostenwirksame Nebeneffekte nach sich zieht. Diese Einschätzung wird von den befragten Experten geteilt. Dazu zählen zum Beispiel Verschleißreduktionen im Bremsbereich oder in der Mechanik, durch die die Kosten für Instandhaltung und

Wartung sinken. Unternehmen, die bereits ein FAS einsetzen, konnten diese Annahmen bestätigen. Für 40 Prozent der befragten Straßenbahnverkehrsunternehmen sind diese Effekte ebenfalls ein Einführungsgrund.

### **Imagegewinn und Wettbewerbsvorteile**

30 bis 46 Prozent der Unternehmen des Schienenpersonen- und Schienengüterverkehrs versprechen sich durch den Einsatz von FAS auch einen Imagegewinn und Wettbewerbsvorteile. Letztere sind besonders für den Schienengüterverkehr elementar. Die Güterbahnen in Deutschland haben nach Angaben der Bundesnetzagentur seit Jahren eine sehr geringe Umsatzrendite. Vor diesem Hintergrund ist jeder Beitrag zur Kosteneinsparung unmittelbar relevant für die intermodale Wettbewerbsfähigkeit.

### **Entlastung der Triebfahrzeugführer**

Die meisten befragten Experten gaben an, dass die Einführung eines FAS auch die Arbeit der Triebfahrzeugführer erleichtern solle. Dazu zählt vor allem die Unterstützung einer energiesparenden Fahrweise. Laut Umfrage ist die Entlastung der Triebfahrzeugführer für die befragten Unternehmen jedoch kein primärer Grund, FAS einzusetzen. Nur 20 bis 36 Prozent der befragten Unternehmen gaben an, dass die Entlastung der Triebfahrzeugführer ein entscheidender Einführungsgrund ist.

### **Umwelt- und Klimaschutz**

FAS tragen durch die Reduzierung des Energieverbrauchs zu einer Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen und damit zum Umwelt- und Klimaschutz bei. Darüber hinaus können einige Systeme zur Reduktion des Papierverbrauchs beitragen, indem sie die Umsetzung eines papierlosen Führerstands unterstützen, und betriebsrelevante Inhalte auf dem Gerätebildschirm des FAS anzeigen. Trotzdem geben nur 8 bis 10 Prozent der befragten Unternehmen aus dem Bereich Schienenpersonen- und Schienengüterverkehr Umweltschutz als wesentlichen Grund an, FAS einzusetzen. Im Bereich Straßenbahn wurde er überhaupt nicht genannt.

### **Verbesserter Verkehrsfluss und Pünktlichkeit**

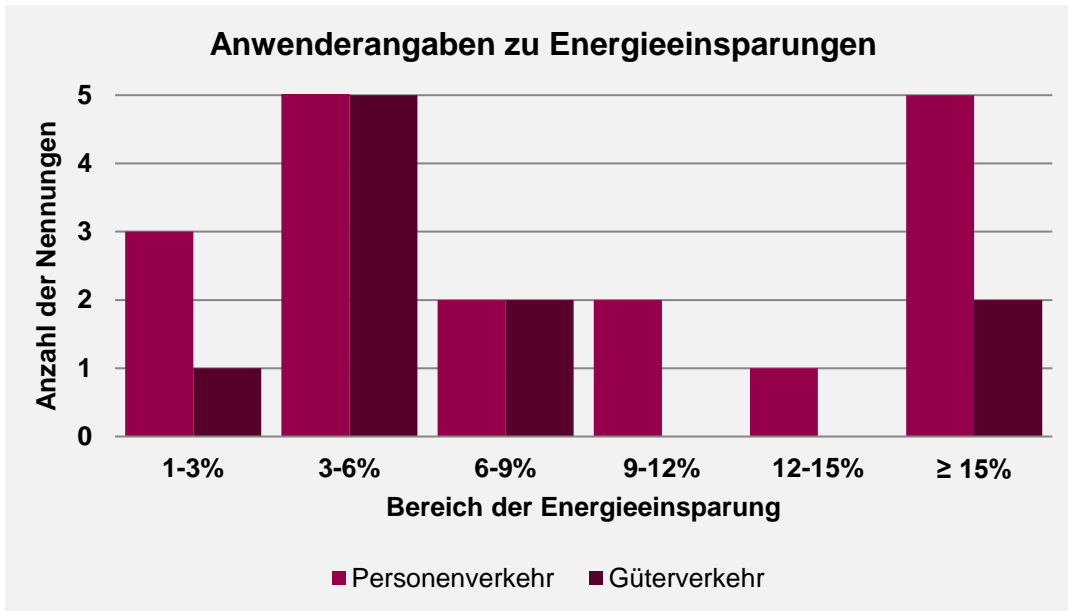
Die Optimierung des Verkehrsflusses und der Pünktlichkeit sind vor allem für den Bereich Straßenbahnverkehr ein wesentlicher Grund, FAS einzusetzen. Für die befragten Unternehmen der anderen Verkehrsbereiche spielte diese Begründung nur eine untergeordnete Rolle.



**Abbildung 2:** Von Teilnehmern der Online-Umfrage genannte Gründe, warum in ihren Unternehmen Fahrerassistenzsysteme eingeführt werden sollen bzw. eingeführt wurden.

### 5.7.2 Erfahrungen bei der Energieeinsparung

Um die Größenordnung der Energieeinsparung durch Fahrerassistenzsysteme (FAS) im realen Betrieb zu ermitteln, wurden im Rahmen der Marktrecherche Erfahrungen aus dem Realbetrieb von Unternehmen erfasst, die bereits FAS einsetzen. Diese sind anonymisiert in Abbildung 3 dargestellt.



**Abbildung 3:** Anonymisierte Anwenderangaben zu erzielten Energieeinsparungen

Die Abbildung zeigt, dass alle befragten Anwender, denen nach Einführung eines FAS Daten zur Veränderung des Energieverbrauchs vorlagen, durch den Einsatz von FAS Energie eingespart haben. Die erwartete positive Auswirkung auf die Energiebilanz hat sich bei den Schienenverkehrsunternehmen also im realen Betrieb im Grundsatz bestätigt.

Die Höhe der Energieeinsparung fällt jedoch im Einzelfall sehr unterschiedlich aus. Vergleicht man die Praxiserfahrungen mit den Angaben der Hersteller (vgl. Kapitel 5.6), zeigt sich, dass die erzielten Einsparungen im realen Betrieb in einzelnen Fällen auch unterhalb der von den Herstellern genannten Größenordnungen lagen.

Die Bandbreite der Erfahrungen kann verschiedene Ursachen haben. Die Qualität der Fahrempfehlungen hängt zum einen maßgeblich von der Qualität und vom Umfang der zur Verfügung stehenden Daten ab. In der Praxis können außerdem verschiedene, oft nicht planbare Störgrößen den Betriebsablauf beeinflussen. Erhöhte Fahrgastwechselzeiten, vorausfahrende Fahrzeuge oder Störungen im Netz lassen sich nicht immer im FAS-Programmcode abbilden. Dadurch kann die tatsächliche Energieeinsparung geringer ausfallen als das theoretische Energieeinsparpotenzial verspricht. Darüber hinaus hat auch die Bereitschaft der Triebfahrzeugführer, die Empfehlungen eines FAS anzunehmen – also die Akzeptanz des Systems – einen maßgeblichen Einfluss auf die Höhe der tatsächlich eingesparten Energie. Offen ist auch, ob die Methoden der Ermittlung der Energieeinsparung einen objektiven Vergleich zulassen.

### 5.7.3 Return on Investment

Für Unternehmen, die ein Fahrerassistenzsystem (FAS) einführen wollen, spielt der Return on Investment eine bedeutende Rolle. In der Recherche wurde daher der Frage nachgegangen, ob und wann Energiekosteneinsparungen und/oder mögliche weitere erreichte Einspareffekte die ursprünglichen Kosten der Einführung überstiegen haben. In den Experteninterviews gaben die befragten Nutzer zu bedenken, dass es in der Praxis oft schwierig ist, Kosteneinsparungen beim Energieverbrauch monokausal auf die Einführung eines FAS zurückzuführen, da auch andere Faktoren die Verbrauchsentwicklung beeinflussen können (z.B. Fahrplanänderungen oder unterschiedliche Bezugszeiträume). Von 35 identifizierten Teilnehmern der Online-Umfrage, die bereits FAS in ihrem Unternehmen einsetzen, haben dennoch fünf Anwender eine Aussage zum Return on Investment gemacht. Bis auf ein Unternehmen, das erst seit Kurzem ein FAS einsetzt, konnten diese Teilnehmer bestätigen, dass sich ihre Kosten bereits amortisiert haben. Die Angaben zur jeweiligen Return on Investment schwanken zwischen weniger als 12 Monaten bis hin zu 48 Monaten. Die angegebene Bandbreite lässt sich auf die Individualisierung der Systeme und die unterschiedlichen Einsatzbedingungen zurückführen.

### 5.7.4 Probleme bei der Einführung

Die Einführung von Fahrerassistenzsystemen (FAS) in einem Unternehmen ist ein umfangreicher, vielschichtiger Prozess. Trotzdem haben nur wenige befragte Anwender und Experten konkrete Probleme bei der Einführung der Systeme benannt. Die genannten Probleme lassen sich in drei Kategorien zusammenfassen:

- Fehlende Informationsmöglichkeiten zur Einführung von FAS
- Probleme beim Nachweis der wirtschaftlichen Rentabilität
- Akzeptanzprobleme

#### Fehlende Informationsmöglichkeiten zur Einführung von FAS

Ein strukturierter Überblick über am Markt verfügbare FAS, ihre Einsatzmöglichkeiten, Informationen über Best Practice, Anwendererfahrungen, den Umgang mit entstandenen Kosten und Erfahrungen in Bezug auf Energieeinsparungen lagen bisher nicht vor. Viele Befragte haben diesen Informationsmangel im Rahmen der Recherche ausdrücklich thematisiert. Eine optimierte allgemeine Informationslage sei hilfreich, um die Vorteile der FAS nachvollziehen und im Unternehmen besser darstellen zu können. Die vorliegende Marktrecherche im Rahmen des Projekts

„Fahr umweltbewusst!“ versteht sich als Beitrag, um vorhandene Informationslücken zu schließen.

### **Probleme beim Nachweis der wirtschaftlichen Rentabilität**

Einige der befragten Anbieter von FAS gaben im Gespräch an, dass sie zwar das theoretische Energiesparpotenzial ihrer Systeme beziffern können. Tatsächliche Werte aus dem Realbetrieb der Nutzer fehlten ihnen jedoch. Den befragten potenziellen Anwendern fehlten wiederum geeignete Nachweise oder Best Practice von Seiten der Anbieter, die die möglichen Energieeinsparpotenziale plausibel unterlegen können. Die Abschätzung des wirtschaftlichen Nutzens vor Einführung eines FAS wird so erschwert.

Nach Aussage einiger befragter Anwender von FAS konnten teilweise die nach der Einführung der FAS erzielten Energieeinsparungen nicht exakt beziffert werden. In einigen Fällen standen den Unternehmen keine Vergleichszahlen des Vorjahres zur Verfügung. In anderen Fällen eigneten sich die vorhandenen Verbrauchszahlen z. B. wegen eines Fahrplanwechsels oder Fahrplananpassungen nicht als Vergleichsdaten.

### **Akzeptanzprobleme**

Nach Aussagen der befragten Anwender gab es in einigen Fällen Probleme bei der Akzeptanz der FAS. Allerdings haben Triebfahrzeugführer die eingesetzten FAS in der Regel nur dann nicht akzeptiert, wenn die Systeme ungenaue oder falsche Fahrempfehlungen ausgegeben haben. Die befragten Anwender konnten dieses Problem durch eine Anpassung der Datengrundlage und/oder der jeweiligen Programmcode-Funktionen beheben.

Dagegen kam es nach Aussagen der Anwender nur in Ausnahmefällen vor, dass einzelne Triebfahrzeugführer die Nutzung des eingeführten FAS grundsätzlich ablehnten.

## **5.7.5 Perspektive der Triebfahrzeugführer**

Im Rahmen der Marktrecherche konnten keine wissenschaftlich durchgeführten Studien oder Untersuchungen zum Akzeptanzverhalten von Triebfahrzeugführern gegenüber FAS identifiziert werden. Die Aussagen dieses Kapitels basieren daher auf Angaben der befragten Experten sowie auf denen von Teilnehmern der Online-Umfrage. Diese gaben übereinstimmend an, dass die Akzeptanz der Triebfahrzeugführer für das eingesetzte FAS einen wesentlichen Einfluss auf die möglichen

Energieeinsparungen hat: Wird das FAS akzeptiert und als hilfreich bewertet, werden die Fahrempfehlungen häufiger befolgt.

Die befragten Experten verwiesen mehrfach auf das technische Grundinteresse der Triebfahrzeugführer, das häufig mit einer generellen Offenheit gegenüber der Verwendung von FAS einhergeht. Sie betonten jedoch, dass sich nur durch den täglichen Einsatz bzw. durch Testbetriebe ermitteln ließe, ob und wie die Triebfahrzeugführer tatsächlich durch Fahrempfehlungen unterstützt werden können. Im Gespräch gaben die Experten häufig an, dass eine Messung der Annahmquote einer ausgegebenen Fahrempfehlung schwierig umzusetzen sei. Eine solche Quotenmessung stellt zum einen eine Form der Leistungs- und Verhaltenskontrolle der Angestellten dar. Zum anderen könne nicht zweifelsfrei erkannt werden, aus welchen Gründen der Triebfahrzeugführer eine Fahrempfehlung ignoriert oder umgesetzt habe. Die Experten verwiesen daher darauf, dass die Akzeptanz für das FAS in den Anwender-Unternehmen häufig durch Befragungen und direktes Feedback der Triebfahrzeugführer evaluiert wird. Sie gaben übereinstimmend an, dass die FAS vom Großteil der Triebfahrzeugführer positiv aufgenommen wurden. Nur in wenigen Ausnahmefällen seien grundsätzlich ablehnende Verhaltensweisen gegenüber den Systemen wahrgenommen worden.

Die Experten berichteten außerdem einstimmig, dass Triebfahrzeugführer ungenaue oder gar fehlerhafte Fahrempfehlungen aufgrund ihrer Sicherheitsverantwortung schnell als unbrauchbar abgelehnt hätten. Befragte Teilnehmer der Online-Umfrage gaben an, dass die Bereitschaft zur Nutzung eines Fahrerassistenzsystems (FAS) drastisch sinkt, wenn sich der Triebfahrzeugführer durch das System visuell oder akustisch abgelenkt beziehungsweise durch zu viele dargestellte Informationen überfordert fühlt. Würde die Befolgung der Fahrempfehlung zu einem betriebsgefährdenden Zustand führen, ist die Akzeptanz für das FAS sogar dauerhaft beeinträchtigt. Nach Aussage der Befragten würde das FAS dann mit deutlicher Skepsis oder fortan gar nicht mehr genutzt. Dies macht deutlich, dass sowohl der Genauigkeit der Fahrempfehlung, als auch dem Feedback der Triebfahrzeugführer besonderes Augenmerk gewidmet werden muss.

Die Teilnehmer der Online-Umfrage sowie befragte Experten nannten folgende Maßnahmen, um die Akzeptanz der Triebfahrzeugführer gegenüber FAS zu verbessern:

- Schulung und thematische Sensibilisierung der Mitarbeiter,
- Anreize zur Nutzung,
- Einbeziehung der Beschäftigten bei der Gestaltung des FAS.



## **Schulung und thematische Sensibilisierung der Mitarbeiter**

Die befragten Experten verwiesen übereinstimmend darauf, dass Schulungen der Mitarbeiter bei der Einführung von FAS sinnvoll sind. Die Systeme können zwar grundsätzlich intuitiv verwendet werden. Eine Schulung hat dennoch den großen Vorteil, dass einzelne Funktionsweisen im Detail erklärt werden können. Fragen der Triebfahrzeugführer können direkt beantwortet werden. Das Ziel jeder Schulung sollte darin bestehen, die Triebfahrzeugführer tiefgehend mit dem System vertraut zu machen und ihnen beim ersten Einsatz Hilfestellungen zu geben. So wird die Akzeptanz des FAS von Anfang an gestärkt.

Befragten Unternehmen zufolge lässt sich die Akzeptanz der Triebfahrzeugführer durch regelmäßige Schulungen nach der Einführung des Systems weiter ausbauen.

Mehrere befragte Anwender-Unternehmen berichteten, ein bis zweimal pro Jahr Schulungen für Triebfahrzeugführer durchzuführen. Diese regelmäßigen Schulungen verfolgen das Ziel, ein dauerhaftes Bewusstsein für den Einsatz von FAS und die dadurch erzielbaren Energieeinsparungen zu schaffen. Sie frischen zudem regelmäßig das Wissen der Mitarbeiter um die Bedienung und Funktionsweisen des Systems auf.

Zum anderen kann im Rahmen der Schulung direktes Feedback zu möglichem Optimierungsbedarf der eingesetzten Systeme oder zu Problemen der Triebfahrzeugführer eingeholt werden. Einige Unternehmen gaben an, ihre Triebfahrzeugführer durch Informationsflyer, Merkblätter oder Systempräsentationen zu sensibilisieren und zu schulen. Interaktive Schulungsinhalte für FAS, wie Schulungs-Apps oder Simulator-Fahrten wurden aufgrund des grundlegenden technischen Interesses der Anwender besonders positiv aufgenommen.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, Triebfahrzeugführer im täglichen Betrieb individuell zu schulen. Die befragten Experten und Anwender-Unternehmen gaben an, dass Mitfahrten von Teamleitern oder Schulungskräften vor allem zum Abbau von Hemmnissen beitragen. Die individuelle Schulung räumt dem Triebfahrzeugführer zudem die Möglichkeit ein, eventuelle Probleme bei der Benutzung vor Ort zu demonstrieren.

Auch für berufs- und streckenerfahrene Triebfahrzeugführer sollten laut Aussage der Experten Schulungsangebote gemacht werden, da Fahr- und Verhaltensweisen von der Gewohnheit der Mitarbeiter abhängig sind. Aufgrund ihrer Berufserfahrung und Streckenkenntnis seien manche der Triebfahrzeugführer davon über-

zeugt, mit ihrer Fahrweise bereits die höchstmögliche Energieeinsparung auf der Strecke zu erzielen. Die befragten Experten verwiesen auf Erfahrungen, dass einige Triebfahrzeugführer tatsächlich der energieoptimalen Fahrweise schon sehr nahe waren. Durch die Fahrempfehlungen der FAS konnten sie jedoch die Energieeffizienz noch weiter erhöhen.

### **Anreize zur Nutzung**

Teilnehmer der Online-Umfrage sowie befragte Experten gaben an, dass das Setzen von Anreizen zur Nutzung eines FAS ein wichtiges, jedoch gleichzeitig schwieriges Verfahren sei, um die Akzeptanz eines FAS zu steigern. Die Idee einer Bonifikation der Nutzung des Systems sei zwar grundsätzlich gut. Sie scheitere laut Angaben der Befragten aber z. T. an der nicht zweifelsfrei mess- und bestimmbareren Annahmequote. Da die betrieblichen Voraussetzungen zudem nicht in jedem Falle gleich seien, könne es auch schnell zu einer Benachteiligung einzelner Triebfahrzeugführer durch ein Bonifikationssystem kommen. In den Gesprächen wurde darauf verwiesen, dass möglicherweise sogar unerwünschte Nebeneffekte wie das Ignorieren von Streckensignalen oder die Abnahme der Pünktlichkeit auftreten könnten. Die Befragten gaben daher an, dass ein Anreizsystem zur Nutzung eines FAS nicht monetär, sondern besser ideell gestaltet werden sollte. Als Beispiele dafür wurden Mitarbeiterwettbewerbe oder anonymisierte Ranglisten sowie die Zurverfügungstellung von Geldern zur Ausrichtung von Betriebsfesten genannt.

Die offene Kommunikation unternehmensbezogener Erfolge bei der Reduzierung des Energieverbrauchs kann ebenso ein Anreiz zur Steigerung der Nutzung eines FAS darstellen.

### **Einbeziehung der Mitarbeiter in die Gestaltung und Umsetzung des FAS**

Vor der Wahl eines konkreten Produkts sollten alle betroffenen Mitarbeiter aktiv in den Entscheidungsprozess für ein FAS einbezogen werden. In erster Linie sollten die Systeme auf die Bedürfnisse und Anforderungen der Triebfahrzeugführer ausgerichtet sein. Die Einbindung ihrer Wünsche und Bedürfnisse wirke nach übereinstimmenden Aussagen von Experten und Anwendern einer möglichen, späteren Ablehnung aktiv entgegen.

Darüber hinaus sollten auch Mitarbeiter der Geschäftsführung, des Controllings sowie der Wartungs- und Instandsetzungsabteilungen für das Thema sensibilisiert werden. Je nach Gestaltung der Systeme ist auch für diese Unternehmensberei-

che eine Anpassung oder Optimierung der Unternehmensprozesse möglich. Den Erfahrungen der befragten Anwender zufolge sind zum Beispiel die Optimierung der Wartungsintervalle sowie eine Erweiterung der Inhalte der Fahrgastinformation durch die Auswertung und aktive Einbindung der Fahrzeugstandorte möglich. In beiden Fällen wurden Daten genutzt, die von den FAS-Ortungsmodulen generiert und an das Unternehmen übermittelt wurden.

## 5.8 Treiber für den Einsatz von Fahrerassistenzsystemen

Trotz vieler Vorteile ist der Einsatz von Fahrerassistenzsystemen (FAS) im Schienenverkehr immer noch relativ gering verbreitet. Es gibt jedoch eine Reihe von Treibern, die laut Aussage der befragten Anwender und Anbieter die Bereitschaft der Branche verstärken können, FAS zu nutzen:

- Bereitstellung von Infrastrukturdaten,
- Standardisierung der Daten und Schnittstellen,
- Integration der FAS in die Nachhaltigkeitsstrategie eines Unternehmens,
- Kosten,
- Digitalisierung.

### Bereitstellung von Infrastrukturdaten

Die Ergebnisse der Marktrecherche zeigen, dass den Eisenbahnverkehrsunternehmen im realen Betrieb bisher nur wenige Infrastrukturdaten bzw. Daten zur aktuellen Betriebslage auf dem Netz vorliegen, auf die FAS frei zugreifen können. Hierzu zählen z. B. Informationen über die Stellung der vorausliegenden Signale bei Ankunft des Fahrzeugs, temporäre Langsamfahrstellen, aber auch zur Belegung und Auslastung der folgenden Streckenabschnitte. Mithilfe dieser Daten können die FAS nach Aussage der Experten genauere Empfehlungen und ggf. sogar zusätzliche Einsparpotenziale erzielen.

Die „Grünen Funktionen der Zuglaufregelung“ (vgl. Kapitel 5.3.6) stellen bereits ein konkretes Angebot zur Bereitstellung solcher Daten dar. Die befragten Experten sind sich jedoch einig, dass erst der kostenlose und diskriminierungsfreie Zugang zu diesen Daten für alle Anwender die Bereitschaft weiterer Branchenakteure wecken wird, FAS flächendeckend einzusetzen.

## **Standardisierung der Daten und Schnittstellen**

Die für die Berechnung der Fahrempfehlungen benötigten Daten liegen laut Aussage der Anbieter in jedem Unternehmen in individueller Struktur und Speicherform vor. Ihre Standardisierung für die Verwendung in FAS steht noch aus.

Infolgedessen muss die Konfiguration des Programmcodes eines Fahrerassistenzsystems heute meist individuell für ein Verkehrsunternehmen angepasst werden. Die Qualität der zur Verfügung stehenden Daten hat direkten Einfluss auf die Qualität der Fahrempfehlung. Diese beeinflusst wiederum die Bereitschaft der Triebfahrzeugführer die Fahrempfehlung anzunehmen. Sie wirkt sich dementsprechend auch auf die Höhe der Energieeinsparungen durch das FAS aus. Die entstehenden Anpassungsaufwände könnten insbesondere kleinere Unternehmen von der Investition in ein FAS abhalten. Die Einführung einheitlicher Datenstandards würde daher positiv zur Verbreitung von FAS beitragen.

Ein Treiber für die Verbreitung von FAS-Lösungen können zudem standardisierte Schnittstellen zum Bereitstellen und Austausch von Daten darstellen. Da bisher keine solchen Schnittstellen existieren, entwickeln Hersteller derzeit häufig proprietäre Lösungen. Diese sind jedoch nicht immer miteinander kompatibel. Ein problemloser Datenaustausch zwischen FAS verschiedener Hersteller ist deshalb nicht immer möglich. Die befragten Experten verwiesen darauf, dass die Fahrempfehlung eines FAS verbessert werden könne, wenn die Fahrzeugart, die Fahrzeugposition, Dispositionsinformationen, die in den betriebsleitenden Stellen getroffen werden sowie die Geschwindigkeit eines vorausfahrenden Fahrzeugs in die Berechnung des eigenen FAS miteinbezogen werden. Ist beispielsweise der vorausliegende Blockabschnitt aufgrund eines vorausfahrenden Zuges noch belegt, kann das FAS des eigenen Fahrzeugs durch die Empfehlung die Geschwindigkeit vor dem nächsten Signal durch Ausrollen zu reduzieren, zur Energieeinsparung beitragen.

## **Integration des FAS in die Nachhaltigkeitsstrategie eines Unternehmens**

Laut Aussage der Anwender ist der Einsatz von FAS besonders effizient, wenn die Ziele, Maßnahmen und alle mit dem Einsatz verbundenen Schritte allen betroffenen Personengruppen vermittelt werden. Dafür sind umfangreiche und zielgerichtete Management- sowie Kommunikationsprozesse innerhalb der Unternehmen notwendig, da sich der Einsatz eines FAS auf alle betrieblichen Strukturen des Systems Schiene auswirkt. Verfolgt das Unternehmen eine aktiv umgesetzte Nachhaltigkeitsstrategie, die das Bewusstsein für Umweltschutz und Energiespa-

ren einschließt, kann die Einführung eines FAS in diese Strategie integriert werden.

### **Kosten**

Grundsätzlich gehen die Unternehmen davon aus, dass steigende Energiepreise zu einem wachsenden Interesse an FAS führen werden. Teilnehmer der Marktrecherche legten in Gesprächen und Befragungen aber wiederholt dar, dass sich durch den Einsatz eines FAS nicht nur Einsparungen bei den Energiekosten erzielen lassen. Sie nannten weitere kostenwirksame Nebeneffekte wie Verschleißminimierung, die Erhöhung der Pünktlichkeit sowie eine Optimierung des gesamten Betriebs. Die Aussicht auf Kostensenkungen durch den Einsatz eines FAS ist aus unternehmerischer Perspektive ein entscheidender Aspekt.

### **Digitalisierung**

Ein weiterer Treiber für den Einsatz von FAS ist laut Aussage der befragten Experten die Digitalisierung. Sie weisen darauf hin, dass sich durch die modernen Systeme neben der Energieeinsparung auch andere Unternehmensziele wie ein papierloser Führerstand erreichen lassen. Darüber hinaus könnten einige FAS auch zur Optimierung des Fuhrparkmanagements und der Instandhaltungs- und Wartungsprozesse eingesetzt werden oder als direktes Kommunikationsmittel dienen.

Auch die Digitalisierung der Leit- und Sicherungstechnik im Rahmen der Installation des europäischen Zugsicherungssystems ETCS kann den Einsatz von FAS fördern. Zum einen können die FAS bereits teilweise in die ETCS-Benutzerschnittstellen integriert werden. Zum anderen stellen die drahtlos übertragenen Informationen weitere Datenquellen dar.

## 6 Ausblick: Aktuelle Forschungsprojekte und -ansätze

Die befragten Experten gaben an, dass die Hersteller ihre Fahrerassistenzsysteme (FAS) individuell in hauseigenen Forschungs- und Entwicklungsabteilungen weiterentwickeln und optimieren.

Auf gemeinschaftlicher, europäischer Basis werden FAS aktuell im Rahmen der zwei „Innovation Programmes“ IP2 und IP5 der europäischen Bahninitiative „Shift2Rail“ untersucht. Ein adressiertes Ziel des IP2 „Advanced Traffic Management & Control Systems“ ist dabei die Reduzierung von Betriebskosten durch eine Verringerung des Energieverbrauchs infolge der Verbindung von FAS mit Verkehrsmanagementsystemen. Hierbei sollen automatisierte Prozesse zur Integration und zum Austausch von Daten zwischen verschiedenen Dienstleistungen der Bahnunternehmen entwickelt werden. Mithilfe eines Demonstrators sollen die Erhöhung der Pünktlichkeit sowie Energieeinsparungen von bis zu zehn Prozent nachgewiesen werden.<sup>7</sup>

Das 2016 initiierte Projekt „Future Freight Locomotive for Europe (FFL4E)“ innerhalb des IP5 „Technologies for Sustainable & Attractive European Rail Freight“ erforscht die Entwicklung von Schlüsseltechnologien für zukünftige, energieeffiziente Güterzuglokomotiven. Dieses Ziel soll u. a. durch die Einführung von FAS erreicht werden.<sup>8</sup>

Zum Zeitpunkt der Erstellung der Marktrecherche lagen in beiden „Innovation Programmes“ keine Publikationen oder Ergebnisse zum Projekt vor.

Weitere laufende Forschungsprojekte speziell zum Thema Energieeinsparung konnten im Rahmen der Marktrecherche nicht identifiziert werden. Als Grund nannten die befragten wissenschaftlichen Experten, dass die Energieeinsparung häufig nur einen Teilaspekt im Rahmen weiter gefasster Aktivitäten darstellt.

Ein wichtiger Aspekt für Innovationen und die Weiterentwicklung von FAS sind zusätzliche Energieeinsparpotenziale, die womöglich noch nicht ausgereizt werden. Laut Aussage befragter Experten liegen noch keine wissenschaftlichen Erkenntnisse darüber vor, welche zusätzlichen Einsparpotenziale mit welchem zusätzlichen Aufwand (z. B. die Einbeziehung weiterer Inputdaten) gehoben werden

---

<sup>7</sup> (Shift2Rail, 2015)

<sup>8</sup> (Shift2Rail, 2016)

können. In den durchgeführten Interviews wurde darauf hingewiesen, dass ein sinnvoller Forschungsansatz deshalb darin bestünde, die ergiebigsten Potenziale zu untersuchen. Ergänzend sollte auch eine Methodik zur Evaluierung der Energieeinsparungen entwickelt werden. Dann seien die Energieeinsparungen besser belegbar.

Eine Möglichkeit zur Optimierung der Fahrempfehlungen könnte nach Aussage eines Experten der Einsatz selbstlernender Systeme sein. Diese könnten die ausgegebenen Fahrempfehlungen durch das Erkennen von Mustern und die Anpassung und Neukombination der Datengrundlagen anpassen oder verbessern.

## 7 Zusammenfassung

Für die vorliegende Marktrecherche wurde mithilfe der drei einleitend beschriebenen Arbeitsinstrumente ein Überblick über Fahrerassistenzsysteme im DACHL-Raum erarbeitet.

Ziel war es, alle Akteure der Schienenbranche, die sich für den Einsatz von Fahrerassistenzsystemen interessieren, über am Markt verfügbare Systeme und ihre Einsetzbarkeit in verschiedenen Bereichen des Schienenverkehrs zu informieren.

Wir haben insgesamt 13 Fahrerassistenzsysteme mit Funktionen zur Reduzierung des Energieverbrauchs identifiziert. Von diesen Systemen können 9 Produkte sowohl im Schienenpersonenverkehr als auch im Schienengüterverkehr eingesetzt werden. Zwei Fahrerassistenzsysteme sind speziell auf die Anforderungen des Schienenpersonenverkehrs zugeschnitten. Für den Bereich Straßenbahnverkehr konnten zwei Fahrerassistenzsysteme ermittelt werden.

Die erfassten Fahrerassistenzsysteme konnten anschließend nach Systemarchitektur und Datengrundlagen, Einsatzbereichen und Installationsart systematisiert werden. Weiterhin wurden mögliche Energieeinsparpotenziale, entstehende Kosten und rechtliche Rahmenbedingungen beschrieben. Um dem Leser einen ganzheitlichen Blick zu vermitteln, wurden auch die Erfahrungen von Anwendern hinsichtlich der erzielten Energieeinsparungen, des Return on Investment sowie der Perspektive der Beschäftigten dokumentiert.

Die wichtigsten Erkenntnisse der Recherche sind im Folgenden zusammengefasst:

**Funktion:** Die Fahrempfehlungen eines Fahrerassistenzsystems werden auf Grundlage verschiedener Inputdaten errechnet. Die Genauigkeit einer Fahrempfehlung ist abhängig vom Umfang und der Qualität der genutzten Daten.

**Energieeinsparpotenzial laut Herstellerangaben:** Das Energieeinsparpotenzial der betrachteten FAS bewegt sich nach Angaben der Anbieter grundsätzlich in einem Bereich zwischen mindestens sechs Prozent und über 15 Prozent. Unabhängig vom Einsatzbereich bewegen sich die meisten Nennungen im Bereich von 12 bis 15 Prozent Energieeinsparung. Dabei ist im Personenverkehr eine breitere Streuung der Angaben zu verzeichnen als im Güterverkehr.

**Kosten:** Die Kosten, die mit der Einführung eines Fahrerassistenzsystems verbunden sind, sind von verschiedenen Faktoren und dem konkreten Einsatzfall



abhängig. Die im Rahmen der Marktrecherche identifizierten Einflussfaktoren und Kostenkategorien geben dazu einen Überblick.

**Gründe für den Einsatz aus Anwendersicht:** Das Energiesparen und die damit verbundenen Kostensenkungen sind für die Akteure der Schienenbranche der wichtigste Grund für den Einsatz von Fahrerassistenzsystemen. Darüber hinaus sind kostenwirksame Nebeneffekte, Vorteile im Wettbewerb oder ein möglicher Imagegewinn weitere Gründe für Unternehmen, sich für ein Fahrerassistenzsystem zu entscheiden.

**Energieeinsparung nach Anwendererfahrung:** Die befragten Anwender konnten bestätigen, dass Fahrerassistenzsysteme in der Praxis nennenswerte Energieeinsparungen erzielen. Die jeweilige Höhe ist abhängig von den konkreten Einsatzbedingungen.

**Return on Investment:** Die Befragung von Anwender-Unternehmen hat gezeigt, dass sich die Einführung eines Fahrerassistenzsystems wirtschaftlich lohnt. Im Rahmen der Marktrecherche konnte jedoch kein einheitlicher Amortisationszeitraum ermittelt werden, vielmehr hängt die Dauer vom konkreten Einzelfall ab. Die Aussagen der Unternehmen variierten zwischen weniger als 12 Monaten und bis zu vier Jahren.

**Perspektive der Beschäftigten:** Die Akzeptanz der Triebfahrzeugführer ist ein entscheidender Faktor für den erfolgreichen Einsatz eines Fahrerassistenzsystems. Sie kann durch eine frühzeitige Einbindung der Beschäftigten und durch Schulungen erreicht werden.

Fahrerassistenzsysteme werden in Deutschland, Österreich, der Schweiz und Luxemburg bereits eingesetzt. Ihre flächendeckende Nutzung steht jedoch noch aus. Ein breiter Einsatz von Fahrerassistenzsystemen kann dazu beitragen, den Schienenverkehr noch umweltfreundlicher und effizienter zu gestalten. Im Rahmen der Marktrecherche konnten bereits elementare Treiber dafür ermittelt werden, die geeignet sind, den weiteren Einsatz von FAS zu fördern.

## Danksagung

Die MRK Management Consultants GmbH dankt der Allianz pro Schiene e.V. sowie den nachfolgend aufgeführten Expertinnen und Experten und Unternehmen für ihre Bereitschaft zur Durchführung eines Interviews sowie für ihre Mithilfe im Rahmen der Marktrecherche.

Andreas Kretschmer	INAVET – Institut für angewandte Verkehrstelematik GmbH
Anne Binder	DB Kommunikationstechnik GmbH
Dirk Feigenspan	Siemens AG
Dr. Holger Fichtl	Fraunhofer-Institut für Verkehrs- und Infrastruktursysteme IVI
Dr. Michael Poschmann	IVU Traffic Technologies AG
Dr. Thorsten Frenzke	Siemens AG
Frank Indorf	METRANS Rail (Deutschland) GmbH
Gregor Ullrich	ODEG - Ostdeutsche Eisenbahn GmbH
Guido Vogel	SKODA TRANSPORTATION Deutschland GmbH
Hans Leister	Innoverse GmbH
Prof. Dr.-Ing. Jürgen Krimmling	Professur für Verkehrsleitsysteme und - Prozessautomatisierung
René Bartz	Abellio Rail Mitteldeutschland GmbH
Sebastian Bosch	BeNEX GmbH
Sebastian Pretzsch	Fraunhofer-Institut für Verkehrs- und Infrastruktursysteme IVI
Vincent Köller	Abellio GmbH
CFL Service Trains et Matériel Centre Opérationnel	
MEV Eisenbahn-Verkehrsgesellschaft mbh	

Wir danken darüber hinaus allen weiteren Beteiligten und Interviewpartnern für ihre Unterstützung.

## Anhang

### A1 Abkürzungsverzeichnis

DACHL-Raum	Ländergruppe bestehend aus Deutschland, Österreich, der Schweiz und Luxemburg
EBA	Eisenbahnbundesamt
EVU	Eisenbahnverkehrsunternehmen
FAS	Fahrerassistenzsystem
RCS	Rail Control System
SGV	Schienengüterverkehr
SPFV	Schienenpersonenfernverkehr
SPNV	Schienenpersonennahverkehr
SPV	Schienenpersonenverkehr

## A2 Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

<b>Abbildung 1:</b> Anonymisierte Angaben der identifizierten Hersteller von Fahrerassistenzsystemen zum Energiesparpotenzial .....	21
<b>Abbildung 2:</b> Von Teilnehmern der Online-Umfrage genannte Gründe, warum in ihren Unternehmen Fahrerassistenzsysteme eingeführt werden sollen bzw. eingeführt wurden.....	24
<b>Abbildung 3:</b> Anonymisierte Anwenderangaben zu erzielten Energieeinsparungen .....	25
<b>Tabelle 1:</b> Übersicht über alle in der Marktrecherche identifizierten Fahrerassistenzsysteme (FAS) .....	9
<b>Tabelle 2:</b> Mögliche Kostenbestandteile bei Einführung eines FAS.....	17

## A3 Literaturverzeichnis

### Monographien

- Krimmling, J. (2016).** *Aspekte der Verkehrstelematik – ausgewählte Veröffentlichungen 2015*. Dresden: TUDpress.
- Krimmling, J., Jaekel, B., & Lehnert, M. (2014).** *Aspekte der Verkehrstelematik - ausgewählte Veröffentlichungen 2013*. Dresden: TUDpress.
- Krimmling, J., Jaekel, B., & Lehnert, M. (Hrsg.). (2016).** *Aspekte der Verkehrstelematik - ausgewählte Veröffentlichungen 2015*. Dresden: TUDpress.
- Krimmling, J., & Lehnert, M. (2012).** *Aspekte der Verkehrstelematik - ausgewählte Veröffentlichungen*. Dresden: TUDpress.
- Krimmling, J., & Lehnert, M. (Hrsg.). (2013).** *Aspekte der Verkehrstelematik - ausgewählte Veröffentlichungen 2012*. Dresden: TUDpress.

### Artikel in Zeitschriften

- Bahn Praxis. (Mai 2010).** *Zeitschrift zur Förderung der Betriebssicherheit und der Arbeitssicherheit bei der DB AG*.
- Eurailpress; DVZ. (10. April 2017).** *RailBusiness*(15/17), S. 1-20.
- Fengler, W. (2013).** Systemeigenschaften der Eisenbahn. In *EIK - Eisenbahningenieurkalender 2014* (S. 279-288). DVV.
- Gantenbein, T. (30. März 2015).** *Wer bremst, verliert. Das Stromspar-Rezept der SBB*. Schweizer Radio und Fernsehen: <https://www.srf.ch/wissen/technik/wer-bremst-verliert-das-stromspar-rezept-der-sbb>. Abgerufen am 04. Juli 2017.
- Hammerl, A. (25. Mai 2002).** *Deutschlandfunk*. Sanfter und umweltfreundlicher Halt: [http://www.deutschlandfunk.de/sanfter-und-umweltfreundlicher-halt.684.de.html?dram:article\\_id=39593](http://www.deutschlandfunk.de/sanfter-und-umweltfreundlicher-halt.684.de.html?dram:article_id=39593). Abgerufen am 20. Juli 2017.
- Nießen, N., Schindler, C., & Vallée, D. (April 2017).** Assistierter, automatischer und autonomer Betrieb - Potenziale für den Schienenverkehr. *Eisenbahntechnische Rundschau (ETR)*(4), 32-37.

- Pressebox. (27. April 2009).** *NOB macht beim Dieselsparen Dampf.*  
<https://www.pressebox.de/pressemitteilung/wtsh-gmbh/NOB-macht-beim-Dieselsparen-Dampf/boxid/258051>. Abgerufen am 14. Juli 2017.
- Rüffer, M. (2017).** Automatisierung: Perspektive autonomes Fahren im schienen- gebundenen ÖPNV. *Deine Bahn*(3), S. 28-35.
- Wendel, M. (14. Oktober 2011).** Dampfantrieb hilft, Diesel zu sparen. Hersteller Voith präsentiert in Edingen den Prototyp eines energiesparenden Zusatzantriebs für ältere Dieseltriebwagen und mehr. *Badische Zeitung*.
- Wittenbrink, P. (2012).** Kalkulation von Schienengüterverkehrsleistungen. Erfolgsfaktor für Verkehrsunternehmen. *Prisma*(3), S. 30-31.

#### Essays

- Bundesnetzagentur. (2015).** Eisenbahnen 2014. (Bundesnetzagentur, Hrsg.)  
*Marktuntersuchung.*
- DLR Institut für Verkehrssystemtechnik. (kein Datum).** Mittendrin! Einblicke in die aktuelle Forschung. Forschung für weniger Schienenverkehrslärm:  
[http://www.dlr.de/ts/desktopdefault.aspx/tabid-11264/19778\\_read-47303](http://www.dlr.de/ts/desktopdefault.aspx/tabid-11264/19778_read-47303).  
 Abgerufen am 20. August 2017.
- EPFL. (2013a).** *Task 3.1 Assessment of State-of-Art of Train Timetabling.* ON TIME - Optimal Networks for Train Integration anagment across Europe:  
<http://www.ontime-project.eu/documents.aspx>. Abgerufen am 01. Juni 2017.
- EPFL. (2013b).** *Annex I - Presentation of exostig driver advice systems.* ON TIME - Optimal Networks for Train Integration Management across Europe:  
<http://www.ontime-project.eu/documents.aspx>. Abgerufen am 01. Juni 2017.
- Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung. (03. März 2011).**  
*Einfluss einer angepassten telematikgestützten Fahrverhaltensstrategie auf die Energieeffizienz im Schienenverkehr.* Forschungsinformationssystem:  
<https://www.forschungsinformationssystem.de/servlet/is/343663/>.  
 Abgerufen am 23. August 2017.
- Hagenlocher, S., & Wittenbrink, P. (2015).** *Analyse staatlich induzierter Kostensteigerungen im Schienengüterverkehr am Beispiel von ausge-*

*wählten Relationen.* Karlsruhe: Im Auftrag der Interessengemeinschaft der Bahnspediteure (IBS) e.V.; Berlin und UIRR International Union for Road-Rail-Combined Transport; hwh Gesellschaft für Transport- und Unternehmensberatung mbH.

**Neumann, L. & Krippendorf, S. (2016).** *Branchenanalyse Bahnindustrie - Industrielle und betriebliche Herausforderungen und Entwicklungskorridore.* Düsseldorf: Hans-Böckler-Stiftung.

**Oettich, S. (2005).** *Die flexible S-Bahn: Energiesparende und anschlussoptimierende Flexibilisierung der Fahrweise und Fahrzeiten - Das neuartige Fahrerassistenzsystem ENAflex-S.* Technische Universität Dresden: Lehrstuhl für Verkehrsleitsysteme und -prozessautomatisierung Fakultät Verkehrswissenschaften "Friedrich List".

**Schminke, R. (23. Februar 2012).** Optimierung des Betriebsverhaltens und der Konfiguration von dieselelektrischen Lokomotiven. Dresden: Technische Universität Dresden Fakultät Verkehrswissenschaften "Friedrich List".

**Setzefand, C. (2015).** Literaturrecherche zu Lärmentstehung, Lärmausbreitung und Lärmwahrnehmung in Verbindung mit Bahnsystemen. Dresden: Technische Universität Dresden. Fakultät Verkehrswissenschaften "Friedrich List".

**Signalssystem Deutschland: Zusatzsignale. (2006).** stellwerke.de:  
<http://www.stellwerke.de/signal/deutsch/zs.html>. Abgerufen am 12. Juli 2017.

#### Vorträge

**Böttcher, J. (2017).** Vorstellung der "Grünen Funktionen" der Zuglaufregelung: Funktion Planfahren und Nachfahren. In D. N. AG (Hrsg.). Frankfurt.

**Fregien, G., Paddison, J., Beck, M., & Kock, G. (2013).** Zeitgemäße Güterwagenausrüstung für hochwertige Transportaufgaben. *41. Tagung Moderne Schienenfahrzeuge.* Graz, 09. März 2013.

**INAVET GmbH & ETC Gauff Mobility Solutions. (04. August 2017).** Einführung eines Fahrerassistenzsystems (FAS) bei der CFL.

**Krimmling, J. (13. September 2016).** Fahrerassistenzsysteme in Theorie und Praxis. Berlin.

- Krimmling, J. (21. Januar 2015).** Fahrerassistenz in Theorie und Praxis. Uelzen: metronom Eisenbahngesellschaft mbH.
- Kusche, M., & Geipert, S. (28. April 2010).** *Ecotrainbook: Driver assistance system*. [http://www.uic-environment.org/2010/IMG/pdf/dbag\\_ecotrainbook\\_ostermayer\\_100430.pdf](http://www.uic-environment.org/2010/IMG/pdf/dbag_ecotrainbook_ostermayer_100430.pdf). Abgerufen am 13. Juli 2017.
- Panou, K., Tzieropoulos, P., & Emery, D. (2013).** *Railway Driver Advisory Systems: Evaluation of Methods, Tools and Systems*. 13th World Conference on Transport Research, Rio de Janeiro.
- Schumann, T. (2014).** Fahrerassistenz und Betriebsoptimierung im Bahnverkehr (Schwerpunkt: Güterverkehr). *Vorlesung „Schienengüterverkehr“ an der TU Berlin*, (S. 1-40).
- Weidmann, U. (2014).** *Die automatische Bahn – Wie Automatisierung und Schweizer Präzision die Bahn auf höchste Leistung bringen*. Treffpunkt Science City. Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme, Zürich
- Weiterführende Informationen zu Firmen*
- Alstom S. A. (2014).** *Transport Services Catalogue*.  
<http://www.alstom.com/Global/Transport/Resources/Documents/brochure2014/Services%20-%20Catalogue%20-%20English.pdf?epslanguage=de-DE>. Abgerufen am 18. August 2017.
- Bombardier Transportation. (2008).** *EcoActive Technologies: EBI Drive 50 Driver assistance systems*. Abgerufen am 14. Juli 2017.
- DB Kommunikationstechnik. (kein Datum).** *Fahrerassistenzsystem FASSI*.  
<https://www.dbkommunikationstechnik.de/losungen/energielosungen/fassi>  
 Abgerufen am 05. Juli 2017.
- Gauff Consultants. (12. Mai 2017).** *Gauff consultants - Blog*. cantus setzt Fahrerassistenzsystem in Betrieb: <https://www.gauff.com/blog/2017/05/12/gauff-consultants-cantus-setzt-fahrerassistenzsystem-in-betrieb/>. Abgerufen am 23. August 2017.
- Lutz, T. (12. Januar 2012).** *ÖBB und Microsoft auf dem Weg zum papierlosen Zugverkehr*. Microsoft News Center: <https://news.microsoft.com/de-at/obb-und-microsoft-auf-dem-weg-zum-papierlosen-zugverkehr/>. Abgerufen am 15. August 2017.



**RailOpt. (2013).** *Referenzen RailOpt® DIS.* RailOpt® DIS:

<http://www.railopt.com/index.php/de/railopt-dis-de/58-dis/dis-referenzen-railopt-dis/76-referenzen-railopt-di>. Abgerufen am 15. August 2017.

**SBB. (2017).** *Energieeffizienz.* SBB als Geschäftspartnerin:

<https://company.sbb.ch/de/sbb-als-geschaeftpartner/leistungen-evu/energie/energiesparen.html>. Abgerufen am 07. Juli 2017.

**Shift2Rail Joint Undertaking. (2015):** *Multi Annual Action Plan:*

[http://www.shift2rail.org/wp-content/uploads/2013/07/MAAP-final\\_final.pdf](http://www.shift2rail.org/wp-content/uploads/2013/07/MAAP-final_final.pdf).  
Abgerufen am 10.11.2017.

**Shift2Rail Joint Undertaking. (2016):** *IP5 Projects - Technologies for Sustainable*

*& Attractive European Rail Freight:*  
[http://projects.shift2rail.org/s2r\\_ip5\\_n.aspx?p=FFL4E](http://projects.shift2rail.org/s2r_ip5_n.aspx?p=FFL4E). Abgerufen am 10.11.2017.

**Siemens AG. (2015).** *Trainguard MT. Optimale Leistung mit dem führenden Zugbeeinflussungssystem für den Nahverkehr.*

<https://www.siemens.com/press/pool/de/feature/2013/infrastructure-cities/mobility-logistics/2013-02-trainguardmt/broschuere-trainguard-mt-d.pdf>.  
Abgerufen am 13. Juli 2017.

**Siemens AG. (2016).** *Vectron. Die Lok, die neue Wege schafft. Creating*

*Corridors.* <https://www.mobility.siemens.com/mobility/global/SiteCollectionDocuments/de/rail-solutions/locomotives/vectron/vectron-technik-de.pdf>. Abgerufen am 21. August 2017.

**Siemens AG. (30. Januar 2017).** *Presseinformationen.* Siemens Presse:

<https://www.siemens.com/press/de/pressemitteilungen/index.php>.  
Abgerufen am 23. August 2017.

**systransis AG. (2017).** *AdmiRail®.* <http://www.systransis.ch/was-wir-leisten/produkte/>.

Abgerufen am 12. März 2017.

**Weigelt, N. (November 2016).** *DB Cargo Railway News.* Ausrollen lassen:

[http://www.dbcargo.com/rail-deutschland-de/news-und-medien/News/13227034/nl\\_11\\_16\\_fahrassistenzsystem.html](http://www.dbcargo.com/rail-deutschland-de/news-und-medien/News/13227034/nl_11_16_fahrassistenzsystem.html). Abgerufen am 23. August 2017.

*Sonstiges*

**Expertenaussagen. (2017).** Experteninterviews im Rahmen des Projekts "Fahr umweltbewusst".

**Online-Umfrage. (Juli 2017).** Aussagen gemäß der im Projektverlauf durchgeführten Online-Umfrage.

## A4 Fragen der Online-Umfrage



### Teil A: Datenverarbeitung

#### A1. Einwilligungserklärung in die Datenverarbeitung

Ich bestätige hiermit, dass ich die vorgenannten datenschutzrechtlichen Ausführungen zur Kenntnis genommen habe:

Ihre folgenden Angaben werden anonymisiert. Die Daten werden ausschließlich für das Förderprojektes "Fahr umweltbewusst!: Energieverbrauch im Schienenverkehr durch den Einsatz von Fahrerassistenzsystemen reduzieren" erhoben und verwendet. Dies beinhaltet ggf. eine anonyme Weitergabe aller Antworten aller Teilnehmer an den Fördermittelgeber Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU).

Allianz pro Schiene e.V. verfolgt mit der Umfrage keine wirtschaftlichen Interessen. Nach Abschluss des Verfahrens werden die Daten gelöscht.

Ich willige ein, dass meine getätigten Angaben im Rahmen des Förderprojektes "Fahr umweltbewusst!: Energieverbrauch im Schienenverkehr durch den Einsatz von Fahrerassistenzsystemen reduzieren" verarbeitet werden.

Die zur Durchführung und Auswertung der Umfrage beauftragte MRK Management Consultants GmbH wird nur berechtigte Personen auf die Antworten zugreifen lassen. Ihre Einwilligung ist freiwillig. Bitte haben Sie Verständnis dafür, dass wir Ihnen die Teilnahme an der Umfrage ohne Erteilung der Einwilligung nicht anbieten können.

Ja

Nein

### Teil B: Einordnung

#### B1. In welchem der folgenden Bereiche ist Ihr Unternehmen tätig?

(Mehrfachnennung möglich)

Eisenbahnverkehrsunternehmen Personennahverkehr

Eisenbahnverkehrsunternehmen Personenfernverkehr

Eisenbahnverkehrsunternehmen Güterverkehr

Straßenbahnverkehrsunternehmen

Anbieter von Fahrerassistenzsystemen (inkl. Hersteller von Schienenfahrzeugen)



**Teil C: Fragen zu Fahrerassistenzsystemen (FAS)**

**C1. Bitte machen Sie Angaben zu den jährlichen Zugkilometern Ihres Unternehmens.**

*„Zugkilometer geben die Fahrleistung von Schienenfahrzeugen an. Ein Zugkilometer bedeutet, dass ein Zug eine Strecke von einem Kilometer zurückgelegt hat. Auch ein einzelnes Triebfahrzeug gilt als Zug.“ (Quelle: VDV Mobi-Wissen <http://www.mobi-wissen.de/Verkehr/Zugkilometer>)*

- < 100 Mio. Zugkilometer jährlich
- 100 < 500 Mio. Zugkilometer jährlich
- 500 < 1000 Mio. Zugkilometer jährlich
- ≥ 1000 Mio. Zugkilometer jährlich

**C2. Wie viele Fahrzeuge befinden sich in Ihrem Triebfahrzeugpark?**

- 1 < 10 Fahrzeuge
- 10 < 20 Fahrzeuge
- 20 < 50 Fahrzeuge
- 50 < 100 Fahrzeuge
- ≥ 100 Fahrzeuge

**C3. Werden in Ihrem Unternehmen bereits Fahrerassistenzsysteme (FASE) eingesetzt, die den Energieverbrauch reduzieren können?**

*Entsprechend Ihrer gewählten Antwort werden nachfolgende Fragen ein- oder ausgeblendet.*

- Ja
- Nein

**C4. Warum haben Sie sich entschlossen, Fahrerassistenzsysteme in Ihrem Unternehmen einzusetzen?**

*(Mehrfachnennung möglich)*

- Kosteneinsparungen
- Energieeinsparungen
- Kostenwirksame Nebeneffekte
- Imagegewinn
- Wettbewerbsvorteile
- Entlastung der Triebfahrzeug- und Lokführer
- Keine Antwort
- Sonstiges (bitte kommentieren)

Sonstiges (bitte kommentieren)



**C5. Wie viele Personenkilometern (pkm) / Tonnenkilometern (tkm) werden in Ihrem Unternehmen jährlich mit Fahrzeugen mit Fahrerassistenzsystemen zurückgelegt?**

*Personenkilometer = Personen (Passagiere) \* zurückgelegte Entfernung [pkm]*

*Tonnenkilometer = Tonnen \* zurückgelegte Entfernung [tkm]*

FASE Personenkilometer (pkm) jährlich

FASE Tonnenkilometer (tkm) jährlich

**C6. Wieviel Prozent Ihrer Fahrzeuge, die mit Fahrerassistenzsystemen ausgestattet sind, haben einen Dieselantrieb? Wieviel Prozent der Fahrzeuge haben einen Elektroantrieb?**

Prozentanteil Diesel-betriebener Schienenfahrzeuge

Prozentanteil Elektro-betriebener Schienenfahrzeuge

**C7. Bitte teilen Sie uns mit, welches Fahrerassistenzsystem Sie in Ihrem Unternehmen einsetzen.**

*(Mehrfachnennungen möglich)*

„Grüne Funktionen“ der Zuglaufregelung (DB Netz AG)

AdmiRail (Systranis AG)

DSM (Driving Style Manager, Bombardier)

EBI Drive 50 (Bombardier)

EcoScout (Voith)

EcoTrainBook / FASSI (DB Systel)

ESF EBUla (DB Systel)

InLineFAS (Interautomation)

LEA (Lokpersonal Electronic Assistant, SBB)

LEADER (Locomotive Engineer Assist Display & Event Recorder, Knorr-Bremse-AG)

MetroMiser (Siemens)

RailOpt DIS (Qnamic AG)

RCS-ADL (Rail Control System - Adaptive Lenkung)/ "grüne Welle" (SBB)

TIM (Triebfahrzeugführer-Informationen-Management-System, Microsoft)

Sonstiges (bitte kommentieren)

Sonstiges (bitte kommentieren)



<b>C8.</b>	<b>Seit wann setzen Sie Fahrerassistenzsysteme in Ihrem Unternehmen ein?</b>	
	0 < 1 Jahr	<input type="checkbox"/>
	1 < 3 Jahre	<input type="checkbox"/>
	3 < 5 Jahre	<input type="checkbox"/>
	5 < 10 Jahre	<input type="checkbox"/>
	≥ 10 Jahre	<input type="checkbox"/>
<b>C9.</b>	<b>Hat das in Ihrem Unternehmen eingesetzte Fahrerassistenzsystem zur Reduzierung des Energieverbrauchs in Ihrem Unternehmen beigetragen?</b>	
	Ja, jährliche Reduzierung des Energieverbrauchs pro Fahrzeug von 0 bis < 1 %	<input type="checkbox"/>
	Ja, jährliche Reduzierung des Energieverbrauchs pro Fahrzeug von 1 bis < 3 %	<input type="checkbox"/>
	Ja, jährliche Reduzierung des Energieverbrauchs pro Fahrzeug von 3 bis < 6 %	<input type="checkbox"/>
	Ja, jährliche Reduzierung des Energieverbrauchs pro Fahrzeug von 6 bis < 9 %	<input type="checkbox"/>
	Ja, jährliche Reduzierung des Energieverbrauchs pro Fahrzeug von 9 bis < 12 %	<input type="checkbox"/>
	Ja, jährliche Reduzierung des Energieverbrauchs pro Fahrzeug von 12 bis < 15 %	<input type="checkbox"/>
	Ja, jährliche Reduzierung des Energieverbrauchs pro Fahrzeug ≥ 15 %	<input type="checkbox"/>
	Unbekannt	<input type="checkbox"/>
	Nein	<input type="checkbox"/>
<b>C10.</b>	<b>Hat sich die Einführung des Fahrerassistenzsystems für Ihr Unternehmen wirtschaftlich gelohnt (Return on Investment)?</b>	
	Nein, bislang wurde kein Return of Investment erreicht.	<input type="checkbox"/>
	Return on Investment wurde nach weniger als 12 Monaten erreicht.	<input type="checkbox"/>
	Return on Investment wurde nach weniger als 24 Monaten erreicht.	<input type="checkbox"/>
	Return on Investment wurde nach weniger als 36 Monaten erreicht.	<input type="checkbox"/>
	Return on Investment wurde nach mehr als 48 Monaten erreicht.	<input type="checkbox"/>
	Unbekannt	<input type="checkbox"/>
<b>C11.</b>	<b>Hat der Einsatz eines Fahrerassistenzsystems zur positiven Entwicklung Ihres Unternehmens beigetragen?</b>	
	Ja	<input type="checkbox"/>
	Nein	<input type="checkbox"/>





	Betriebsdaten <input type="checkbox"/> Fahrplanlage <input type="checkbox"/> Zuglänge <input type="checkbox"/> Zuggewicht <input type="checkbox"/> Bremsstellung <input type="checkbox"/> Anzahl Fahrgäste <input type="checkbox"/> Fahrzeugleistungsdaten <input type="checkbox"/> Sonstiges (bitte kommentieren) <input type="checkbox"/>
Sonstiges (bitte kommentieren) <div style="border: 1px solid black; height: 20px; width: 100%;"></div>	
<b>C15. Sind die Betriebskosten Ihres Fahrerassistenzsystems ...</b> ... so hoch wie erwartet? <input type="checkbox"/> ... höher als erwartet? <input type="checkbox"/> ... niedriger als erwartet? <input type="checkbox"/>	
<b>C16. Kann Ihr eingesetztes Fahrerassistenzsystem in die Fahrzeugsteuerung eingreifen?</b> Nein, es werden lediglich Empfehlungen geliefert <input type="checkbox"/> Ja. Funktionen zum Eingriff sind jedoch deaktiviert <input type="checkbox"/> Ja. Eingriff muss durch Nutzer bestätigt werden. <input type="checkbox"/> Ja. Eingriff wird automatisiert ohne notwendige Nutzerbestätigung ausgeführt. <input type="checkbox"/>	
<b>C17. Setzen Sie in Ihrem Unternehmen innerbetriebliche Anreize für Ihre Beschäftigten, um die Akzeptanz von Fahrerassistenzsystemen zu fördern?</b> Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/>	
<b>C18. Welche innerbetrieblichen Anreize setzt Ihr Unternehmen ein?</b> Monetäre Anreize (Prämien, Gehaltserhöhungen,...) <input type="checkbox"/> Mitarbeiterwettbewerbe <input type="checkbox"/> Sachgüter <input type="checkbox"/> Sonstiges (bitte kommentieren) <input type="checkbox"/>	
Sonstiges (bitte kommentieren) <div style="border: 1px solid black; height: 20px; width: 100%;"></div>	





**C19. Planen Sie in absehbarer Zeit den Einsatz / die Einführung von Fahrerassistenzsystemen in Ihrem Unternehmen?**

Ja

Nein

---

**C20. Haben Sie oder Ihr Unternehmen sich bereits für ein konkretes Produkt entschieden?**

Ja

Nein

---

**C21. Planen Sie den Einsatz eines der folgenden Produkte in Ihrem Unternehmen? Falls Sie ein speziell für Sie entwickeltes Produkt einführen, kommentieren Sie bitte „Sonderentwicklung“ im Feld „Sonstiges“.**

„Grüne Funktionen“ der Zuglaufregelung (DB Netz AG)

AdmiRail (Systranis AG)

DSM (Driving Style Manager, Bombardier)

EBI Drive 50 (Bombardier)

EcoScout (Voith)

EcoTrainBook / FASSI (DB Systel)

ESF EBUla (DB Systel)

InLineFAS (Interautomation)

LEA (Lokpersonal Electronic Assistant, SBB)

LEADER (Locomotive Engineer Assist Display & Event Recorder, Knorr-Bremse-AG)

MetroMiser (Siemens)

RailOpt DIS (Qnamic AG)

RCS-ADL (Rail Control System - Adaptive Lenkung)/ "grüne Welle" (SBB)

TIM (Triebfahrzeugführer-Informations-Management-System, Microsoft)

Sonstiges (bitte kommentieren)

Sonstiges (bitte kommentieren)

---

**C22. Aus welchem Grund will Ihr Unternehmen ein Fahrerassistenzsystem einsetzen?**

*(Mehrfachnennung möglich)*

Kosteneinsparungen

Energieeinsparungen





**C25. Wie lautet der Produktname Ihres Fahrerassistenzsystems mit Funktionen zur Reduzierung des Energieverbrauchs (FASE)?**

\_\_\_\_\_

**C26. Welche Antriebsarten unterstützt Ihr Fahrerassistenzsystem?** *(Mehrfachnennung möglich)*

Dieselantrieb

Elektroantrieb

keine Antwort

Sonstiges (bitte kommentieren)

Sonstiges (bitte kommentieren)

\_\_\_\_\_

**C27. Welche der folgenden Funktionen nutzt das Fahrerassistenzsystem zur Empfehlung der Energieeinsparung?** *(Mehrfachnennung möglich)*

Empfehlung des optimalen Bremsensatzpunktes

Geschwindigkeits-, Beschleunigungs- und Ausrollempfehlungen

keine Antwort

Sonstiges (bitte kommentieren)

Sonstiges (bitte kommentieren)

\_\_\_\_\_

**C28. Verfügt Ihr Fahrerassistenzsystem über weitere Funktionen neben den Energieeinsparungen?** *(Mehrfachnennung möglich)*

Verspätungsprognose/Verfrühungsprognose

Verschleißoptimierung

Anschlussicherung

Abfertigungs- und Abfahrempfehlung

Steigerung der Streckenleistungsfähigkeit

Steigerung der Engpassdurchlässigkeit

Reduzierung der Lärmbelästigung

keine Angabe





**C31. Wie gestaltet sich die Datenübertragung zwischen Server und Bord- oder Gerätecomputer im Fahrzeug?**

*(Mehrfachnennung möglich)*

Funkkommunikation (öffentliches Mobilfunknetz)

Funkkommunikation (WLAN-Netz)

Funkkommunikation (Betriebsnetz)

Übertragung durch Baken (Funk-, Infrarot-)

Übertragung durch Leckwellenleiter

Darstellung der Informationen durch Elemente entlang der Strecke

keine Antwort

Sonstiges (bitte kommentieren)

Sonstiges (bitte kommentieren)

---

**C32. Wer ist Eigentümer der Daten, welche das Fahrerassistenzsystem ggfls. generiert?**

Anwender des FASE.

Anbieter des FASE.

Anwender und Anbieter des FASE gleichermaßen.

Sonstiges (bitte kommentieren)

Sonstiges (bitte kommentieren)

---

**C33. Wie werden die Empfehlungen des Fahrerassistenzsystems an den Nutzer übermittelt?**

*(Mehrfachnennung möglich)*

Akustisch (bspw. Warn- oder Hinweistöne)

Optisch (bspw. Text- oder Lichtanzeigen)

Haptisch (bspw. Vibrationen)

keine Antwort

Sonstiges (bitte kommentieren)

Sonstiges (bitte kommentieren)





## **A5 Gesprächsleitfäden für die Experteninterviews**

Die Interviews werden für eine Dauer von maximal 90 Minuten konzipiert. Der konkrete Ablauf der Interviews richtet sich nach den jeweiligen Interview-Leitfäden und ist offen aufgebaut, also auch hinsichtlich des Gesprächsverlaufs frei gestaltet, wodurch flexible Antworten zulässig sind.

Die Formulierungen stellen hierbei lediglich eine mögliche Variante dar, da die Fragen teilweise oder vollständig an Aussagen der Experten angepasst werden oder diese direkt aufgreifen und somit nicht endgültig vorab definiert werden können. Die folgende Auflistung gibt eine Übersicht über mögliche Fragestellungen im Kontext von Fahrerassistenzsystemen mit Funktionen zur Reduzierung des Energieverbrauchs (FAS<sup>E</sup>) an einen FAS-Experten.

### **Fragen an die Anbieter von FAS**

#### **Verständnis von FAS (Einstiegsfrage)**

Wie definieren Sie FAS? Was sind für Sie FAS?

#### **Ziele des FAS**

Welche Ziele adressiert Ihre FAS<sup>E</sup> Lösung? Welche Funktionen bietet Ihr FAS<sup>E</sup> neben Funktionen zur Energieeinsparung?

#### **Unternehmensreferenzen**

Welche Unternehmen setzen Ihre FAS<sup>E</sup>-Lösung ein?

#### **Höhe Energieeinsparpotential**

Welche Energieeinsparpotentiale können mit Ihrem System erreicht werden? Wie beeinflussen die Anwendungsfälle die Energieeinsparpotentiale?

#### **Integration und Standardisierungen**

Wie gestaltet sich die Integration Ihres FAS<sup>E</sup> gegenüber Fahrzeug-Bordsystemen? Gibt es Standardisierungen, Empfehlungen oder Leitfäden für Entwickler von FAS<sup>E</sup>?



### **Stand der Forschung**

Unternimmt Ihr Unternehmen eigene Forschungsaktivitäten um Ihr FAS<sup>E</sup> Produkt fortwährend weiterzuentwickeln? Gibt es ggfls. Kollaborationen mit Forschungseinrichtungen?

### **Berücksichtigte Daten**

Welche Daten werden bei der Berechnung und Vorgabe der Fahrempfehlung des FAS<sup>(E)</sup> berücksichtigt?

### **EBA-Zulassung**

Benötigt Ihr FAS<sup>E</sup> eine EBA-Zulassung? Verwendet Ihr FAS<sup>E</sup>-Produkt EBA-zulassungspflichtige Funktionen?

### **Nutzungskonzept**

Wie ist Ihr Nutzungskonzept für Anwender aufgebaut?

### **Kenntnis anderer Systeme**

Sind Ihnen weitere FAS<sup>E</sup> in Deutschland, Österreich, Schweiz und Luxemburg bekannt?

### **Charakterisierung System**

Wie charakterisieren Sie Ihre FAS<sup>E</sup>-Lösung?

### **Systemkosten**

Wie hoch sind die Investitionskosten je Fahrzeug für Ihr FAS<sup>E</sup>? Fallen Betriebskosten für die Nutzer an? Fallen weitere Kosten an?

### **Kooperationen**

Sieht Ihr Geschäftsmodell Kooperationen mit den Anwendern nach dem Kauf des FAS<sup>E</sup> vor?

### **Rechtlicher Rahmen**

Gibt es bei der Entwicklung und dem Einsatz von FAS<sup>E</sup> rechtliche Rahmenbedingungen, welche aus Sicht der Entwickler beachtet und angewendet werden müssen?

## Fragen an Anwender von FAS

### Verständnis von FAS (Einstiegsfrage)

Wie definieren Sie FAS? Was sind für Sie FAS?

### Charakterisierung des Unternehmens

Wie würden Sie die betriebliche Ausrichtung Ihres Unternehmens charakterisieren?

### Nutzung FAS<sup>E</sup>

Werden oder wurden in der Vergangenheit in Ihrem Unternehmen FAS<sup>E</sup> eingesetzt?

### Wo werden FAS<sup>E</sup> genutzt?

Werden die FAS<sup>E</sup> im gesamten Verkehrsnetz eingesetzt, oder nur auf einzelnen Streckenabschnitten? Warum?

### Vorgehen bei Entscheidung für FAS<sup>E</sup>

Wie gestaltete sich Ihr Vorgehen bei der Entscheidung für ein / Ihr FAS<sup>E</sup>?

### Kenntnis von FAS<sup>E</sup>

Welche im Deutschland, Österreich, Schweiz oder Luxemburg eingesetzten FAS<sup>E</sup> kennen Sie? Kennen Sie weitere FAS?

### Erfahrungen im Betrieb

Welche Erfahrungen haben Sie beim Einsatz der FAS<sup>E</sup> im Betrieb gemacht?

### Kooperationen mit Anbietern oder Anwendern

Bestehen in Ihrem Unternehmen, im Kontext von FAS<sup>E</sup>, Anwender-Anwender oder Anwender-Anbieter Kooperationen? Sind Ihnen solche Kooperationen bekannt? Falls ja, wie gestalten sich diese?

### **Motivation zur Einführung**

Aus welchem Grund / welchen Gründen haben Sie sich in Ihrem Unternehmen für die Einführung von FAS<sup>E</sup> entschieden? Welche Hintergründe spielten bei der Entscheidung für ein FAS<sup>E</sup> für Ihr Unternehmen eine Rolle?

### **Kosten**

Wie hoch sind/waren die Investitionskosten für Ihr FAS<sup>E</sup>? Wie hoch sind die Betriebskosten? Fallen weitere Kosten an? Welche Energieeinsparpotentiale werden mit Ihrem System erreicht?

### **Angewendetes Nutzungsmodell**

Welches FAS-Nutzungsmodell setzen Sie oder der Anbieter Ihres FAS<sup>E</sup> ein?

### **Flankierende Maßnahmen vor, während und nach FAS<sup>(E)</sup> Einführung**

Welche Maßnahmen haben Sie vor, während und nach der Einführung von FAS<sup>E</sup> durchgeführt? Warum? Würden Sie rückbetrachtend Maßnahmen anders gestalten, oder zusätzlich / abzüglich durchführen?

### **Einsetzbarkeit von FAS<sup>E</sup> in verschiedenen VK-Systemen**

Gibt es für das FAS<sup>E</sup> in Ihrem Unternehmen verschiedene Einsatzzwecke? Ist das FAS<sup>E</sup> universell auf einsetzbar? Gibt es dabei zu beachtende Besonderheiten?

### **Gründe gegen FAS<sup>E</sup> Einsatz (Option)**

Sprechen aus Ihrer Sicht Gründe gegen ein FAS<sup>E</sup>? Wenn ja, warum und welche sprechen dagegen?

### **Integration**

Wie gestaltet sich die Integration Ihres FAS<sup>E</sup> gegenüber Fahrzeug-Bordsystemen? Gibt es Standardisierungen, Empfehlungen oder Leitfäden für Entwickler von FAS<sup>E</sup>?

### **Alternative Energiesparpotentiale nutzen?**

Werden in Ihrem Unternehmen (neben FAS<sup>E</sup>) andere Maßnahmen zur Reduzierung des Energieverbrauchs ergriffen?

## Fragen an Wissenschaftsexperten

### Historische Entwicklung (Einstiegsfrage)

Beschreiben Sie aus der Sicht Ihrer eigenen fachlichen Schwerpunkte die historische Entwicklung der FAS.

### Systematisierungskriterien für FAS

Nach welchen Kriterien würden Sie FAS systematisieren und einordnen?

### Kenntnisse von FAS

Können Sie uns Ihnen bekannte FAS nennen, die derzeit in Deutschland, Österreich, Schweiz und Luxemburg eingesetzt werden?

### Einschätzung zur Marktführerschaft

Existiert aus Ihrer Sicht eine Marktdominanz einzelner FAS-Anbieter im DACHL-Raum? Gibt es einen benennbaren Marktführer? Warum?

### Fachgebiet

Bitte Beschreiben Sie den fachlichen Kontext, aufgrund dessen Sie sich wissenschaftlich dem Thema FAS<sup>(E)</sup> widmen.

### (Relevante) Veröffentlichungen zu FAS<sup>E</sup>

Kennen Sie (relevante) Veröffentlichungen zum Thema FAS<sup>E</sup>, wobei diese ggfls. auch untergeordneter / nicht hauptsächlicher Fokus der Veröffentlichung (Randthema / Nebeneffekt) sein können? Es muss sich hierbei nicht zwangsläufig um eigene Veröffentlichungen handeln.

### Stand der Forschung und aktuelle Aktivitäten

Mit welchen Fragestellungen beschäftigt sich die Forschung im Kontext der FAS<sup>E</sup> derzeit? Welche Bereiche Adressieren Ihre eigenen Forschungsaktivitäten?

### FAS<sup>E</sup>-Daten für Einsatz aus Sicht der Experten

Welche Daten werten FAS<sup>(E)</sup> heutzutage aus?

### **Anwender- und Anbieterkooperationen**

Existiert Ihres Wissens nach ein agiler Austausch zwischen Anwender- und Anbietern und falls ja, wie gestaltet sich dieser? Falls nein, welche Gründe sehen Sie hierfür? (Anbieter-Anbieter, Anbieter-Anwender, Anwender-Anwender)

### **Evaluationsuntersuchungen zu Akzeptanz durch Lokführer**

Wie sind Ihre Erkenntnisse zur Akzeptanz von FAS<sup>(E)</sup> bei Triebfahrzeug- und Lokführern?

### **Pro & Contra Argumente FAS**

Wo sehen Sie Vor- und Nachteile hinsichtlich eines Einsatzes von FAS<sup>E</sup>?

### **Sicherheitsprobleme**

Sehen Sie mit dem Einsatz von FAS<sup>E</sup> ein Sicherheitsrisiko verbunden (Safety)?

### **Rechtlicher Rahmen**

Kennen Sie rechtliche Rahmenbedingungen die Anbieter, Anwender oder Wissenschaftliche Forschung im Kontext der FAS<sup>E</sup> beachten müssen?

### **Einführungshemm- und –hindernisse**

Kennen Sie Hemmnisse oder Hindernisse während der Einführungsphase eines FAS<sup>E</sup> für Unternehmen?

### **Kostenwirksame Nebeneffekte**

Gibt es neben den Energieeinsparpotentialen andere kostenwirksame Nebeneffekte die durch FAS erreicht werden können?

### **Break-Even (Return on Investment)**

Kann mit gängigen FAS<sup>E</sup> der Break Even oder ein Return on Investment erreicht werden? Kann innerhalb der Abschreibungszeiträume ein Break Even erreicht werden?

### **Höhe der Einsparpotentiale**

Können Sie beziffern in welcher Höhe Energieeinsparungen mit bekannten Systemen möglich sind?