

Exposé GALILEO im Verkehr

Anwendungspotenzial
und DLR-Expertisen



Mit dem hier vorliegenden Papier wird neben der Beschreibung der Dienste des Kernsystems GALILEO eine detaillierte Abgrenzung zu den bereits existierenden Satellitennavigationssystemen GPS und GLONASS vorgenommen. Es wird deutlich gemacht, dass GALILEO neben einer verbesserten Genauigkeit (Accuracy) und erhöhten Verfügbarkeit (Availability) im Vergleich zu GPS und GLONASS auch eine zusätzlich integrierte Komponente zur Sicherung der Integrität (Integrity/Technical Reliability) aufweist. Dies bedeutet, dass dem GALILEO-Navigationssignal eine zeitlich definierte Warnmitteilung aufmoduliert wird, sobald eine Verletzung des spezifizierten Performancepegels erkannt wird. Dies ist vor allem hinsichtlich sicherheitskritischer Anwendungen von elementarer Bedeutung. Zudem bietet GALILEO als ziviles System eine von akuten politischen Zielen unabhängige Zuverlässigkeit (Political Reliability). Es ist allerdings zu erwarten, dass die Leistungsunterschiede - vor allem zwischen GPS und GALILEO - in naher Zukunft zumindest teilweise ausgeglichen werden, da es zu einer Modernisierung des GPS-Navigationssystems durch den geplanten Einsatz neuer Satelliten im Rahmen von GPS II und GPS III kommen wird.

Exposé
GALILEO im Verkehr

Anwendungspotenzial
und DLR-Expertisen



Impressum

Herausgeber Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)
in der Helmholtz-Gemeinschaft

Hausadresse Porz-Wahnheide
Linder Höhe
51147 Köln

www.dlr.de

Verantwortlich Dr. rer. oec. Detlef Zukunft
Programmbeauftragter Verkehr
Telefon: 02203 601-3030
E-Mail: Detlef.Zukunft@dlr.de

Bearbeitung (Institut) Dipl.-Ing. Adam Giszczak (IFS)
Dr.-Ing. Michael Meyer zu Hörste (IFS)
Dipl.-Ing. Thoralf Noack (IKN)
Prof. Dr. Thomas Strang (IKN)
Prof. Dr. Barbara Lenz (IVF)
Dipl.-Ing. Ralf-Peter Schäfer (IVF)
Dr.-Ing. Marius Schlingelhof (IVF)
Dr. Detlef Zukunft (PD-W)

Druck DLR

Köln, Mai 2005

Abdruck (auch von Teilen) oder sonstige Verwendung
nur nach vorheriger Absprache mit den Autoren gestattet

Inhaltsverzeichnis

1 Satellitennavigation mit GALILEO	7
2 Was kann GALILEO?	9
2.1 Generelle Darstellung.....	9
2.2 Abgrenzung gegenüber GPS und GLONASS.....	10
2.3 Was kann GALILEO nicht?.....	11
3 Mögliche verkehrliche Anwendungsfelder	13
4 GALILEO-Kompetenzen im DLR und spezifische Forschungsfelder	17
4.1 GALILEO-Kompetenzen.....	17
4.1.1 Institut für Kommunikation und Navigation (IKN, Oberpfaffenhofen und Neustrelitz)....	18
4.1.2 Institut für Verkehrsführung und Fahrzeugsteuerung (IFS, Braunschweig).....	20
4.1.3 Institut für Verkehrsforschung (IVF, Berlin).....	24
4.2 Spezifische Forschungs- und Entwicklungsfelder.....	25
4.2.1 Alarm, Zielführung und Rettung (ASAR).....	27
4.2.2 Fahrerunterstützung (ADAS).....	31
4.2.3 Steuerung, Sicherung und Unfallvermeidung.....	33
4.2.4 Intra- und intermodale Überwachung von Gefahrguttransporten.....	34
4.2.5 Erfassung georeferenzierter Umgebungsdaten.....	34
4.2.6 Nutzungsabhängige Entgelte für Verkehrsinfrastrukturen und Dienstleistungen.....	35
4.2.7 Geographische Authentifizierung.....	35
4.2.8 Dynamische Empfehlung von Verkehrsmittel, Geschwindigkeit und Route.....	35
4.2.9 Gemischter Betrieb: Fliegende Überholung.....	35
4.2.10 Energieeffizientes Fahren.....	36
4.2.11 Zugvollständigkeit.....	36
4.2.12 Intrazug-Kommunikation per Funk: Fahren langer Züge.....	36
4.2.13 Intrazug-Kommunikation per Funk: Bremsen.....	36
4.2.14 Railway Collision Avoidance System (RCAS).....	37
4.2.15 Güterverfolgung.....	38
4.2.16 Gefahrguttelemetrie.....	38
4.2.17 „Zugnummernmeldung“ – Bahn AIS.....	39
4.2.18 Verbesserte Interoperabilität.....	39
4.2.19 Warnung an Bahnsteigen.....	40
4.2.20 Erhöhtes Verkehrsaufkommen.....	40
4.2.21 GNSS-basierte Messung des Reibfaktors.....	40
5 Zusammenfassung und Ausblick	42
6 Anhang	44
6.1 Abkürzungsverzeichnis.....	44
6.2 Literaturverzeichnis.....	46
6.3 Kompetenzen der Institute im Überblick.....	47
6.3.1 Institut für Kommunikation und Navigation (IKN, Oberpfaffenhofen und Neustrelitz)....	47
6.3.2 Institut für Verkehrsführung und Fahrzeugsteuerung (IFS, Braunschweig).....	48
6.3.3 Institut für Verkehrsforschung (IVF, Berlin).....	49

1 Satellitennavigation mit GALILEO

Mit der Entscheidung für das europäische Satellitennavigationssystem „GALILEO“ wurden neben der Zielsetzung, ein von den USA unabhängiges und nicht militärisch dominiertes System aufzubauen, zugleich die Weichen gestellt, um das wirtschaftliche Potenzial der Satellitennavigation auch europäischen Unternehmen stärker zu erschließen. Dieses bis 2010 auf mehr als 10 Mrd. € geschätzte Volumen in Verbindung mit der Schaffung von ca. 100.000 bis 150.000 neuen Arbeitsplätzen ist bereits für sich genommen ein gewichtiges ökonomisches Argument.¹ Darüber hinaus ergibt sich ein weiterer perspektivisch sehr bedeutsamer Nutzen durch die Entwicklung innovativer Nutzungs- und Problemlösungsansätze sowie der damit verbundenen Hochtechnologiekompetenz. Die Implementierung von GALILEO generiert somit nicht nur starke direkte volkswirtschaftliche Impulse, sondern trägt entscheidend dazu bei, die zukünftige technologische Wettbewerbsfähigkeit Europas zu sichern und deutlich zu verbessern.

Mit GALILEO entsteht ein globales Satelliten-Navigationssystem, das sich technisch deutlich von den beiden existierenden Systemen abhebt und einen signifikanten wirtschaftlichen und technologischen Mehrwert generieren wird. Bisher jedoch erfolgte eine meist wenig differenzierte Darstellung der spezifischen Vorteile von GALILEO im Vergleich zu den bereits bestehenden Systemen GLONASS und vor allem GPS. Zudem wurden die aufgrund der erweiterten Spezifikationen und Nutzungsoptionen von GALILEO möglichen neuen Anwendungsfelder nur unzureichend identifiziert. Das vorliegende Papier zielt darauf ab, bestehende Informationsdefizite zu reduzieren und Nutzungsperspektiven, vor allem für den Bereich des Verkehrs, herauszustellen. Damit wird auch eine Brücke geschlagen zur verkehrspolitischen Strategie der Europäischen Kommission, wie sie 1992 im Weißbuch „Die europäische Verkehrspolitik bis 2010“ formuliert wurde: Mehr Ausgewogenheit in der Nutzung der verschiedenen Verkehrsträger, Abbau von Engpässen im Verkehr, mehr Berücksichtigung der Bedürfnisse und Anforderungen der Nutzer, Bewältigung der Globalisierung im Verkehr.

In Kapitel 2 wird daher vertiefend erläutert, welche Dienste GALILEO anbieten wird und worin die Unterscheidungsmerkmale zu GPS/GLONASS liegen. Zudem wird darauf hingewiesen, welchen Limitierungen GALILEO unterliegt und in welchen Fällen somit ergänzende Dienste notwendig werden, um über die originäre Satellitennavigation hinausreichende Anwendungen verfügbar machen zu können.

Im Sinne des Verkehrs als Transport von Personen und physischen Gütern von einem Start- zu einem Zielpunkt, können aufgrund der neuen Möglichkeiten durch GALILEO neben den bisher bekannten klassischen Ortungs- und Navigationsanwendungen auch vielfältige erweiterte Verkehrsanwendungen und Dienste identifiziert werden, die einen Mehrwert gegenüber den bisherigen auf GPS/GLONASS basierenden Nutzungen bieten. Kapitel 3 liefert hierzu einen nach Verkehrsträgern strukturierten Überblick.

Aufgrund seiner breit angelegten Expertise verfügt das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt über ideale Voraussetzungen, um diese Themen von der Untersuchung der Grundlagen bis hin zur prototypischen Demonstration der Realisierung zu bearbeiten. Dieses hinsichtlich der GALILEO-Verkehrsanwendungen primär in den programmatischen Schwerpunkten Raumfahrt und Verkehr gebündelte Know-how wird in Kapitel 4.1 zunächst beschrieben. Hierauf aufbauend erfolgt dann in Kapitel 4.2 eine Benennung spezifischer Forschungs- und Entwicklungs-

¹ Vgl. European Space Agency (2002), GALILEO, Das europäische Programm für weltweite Navigationsdienste; Gack, Thomas (2004), GALILEO kommt einer technischen Revolution gleich, in: Stuttgarter Zeitung vom 13.12.2004. Nach Einschätzung von Rainer Grohe, Chef von GALILEO Joint Undertaking (GJU), sind diese Schätzungen sehr konservativ. Er geht sogar von mehreren 100.000 neuen Arbeitsplätzen in Europa aus. Vgl. „GALILEO-Projekt soll einige 100000 Arbeitsplätze bringen“ vom 23.12.2004, in pro-physik.de

felder, die sich einerseits aus den im DLR bündelbaren Expertisen und andererseits aus einem identifizierten realen Forschungsbedarf ableiten lassen. Abschließend erfolgen eine Zusammenfassung und ein kurzes Resümee hinsichtlich weiterer notwendiger Schritte zur erfolgreichen Entwicklung, Einführung und Nutzung von GALILEO.

2 Was kann GALILEO?

2.1 Generelle Darstellung

GALILEO ist die Bezeichnung für ein von der europäischen Kommission in Zusammenarbeit mit der europäischen Weltraumagentur ESA geplantes und derzeit in der Entwicklung befindliches satellitengestütztes Funknavigationssystem. Analog zu den bereits bestehenden Systemen GPS (USA) und GLONASS (Russland) handelt es sich bei GALILEO ebenfalls um ein globales Satellitennavigationssystem (Global Navigation Satellite System - GNSS), das in Verbindung mit dem Einsatz geeigneter Empfänger potenziellen Nutzern die Möglichkeit bietet², global und zu jeder Zeit eine Positions- und Zeitbestimmung im 3-dimensionalen Raum vorzunehmen.

Im Hinblick auf die unterschiedlichen Anforderungen verschiedener Nutzergruppen an die Genauigkeit und Zuverlässigkeit des Systems wurde für GALILEO ein umfassendes Konzept von Diensten des Kernsystems entwickelt, das auf dem Empfang unterschiedlicher Nutzsignale bzw. aufmodulierter Zusatzinformationen aufbaut. Bei diesen Diensten handelt es sich im Einzelnen um den

- Open Service (OS),
- Safety of Live Service (SoL),
- Commercial Service (CS),
- Search & Rescue Service (SAR) sowie den
- Public Regulated Service (PRS).

Der **OS**-Dienst basiert auf der gebührenfreien Bereitstellung von zwei Navigationssignalen auf unterschiedlichen Trägern, wobei auf jedem Träger ein Ranging-Code zur Entfernungsbestimmung zum Satelliten aufmoduliert ist. In Abhängigkeit davon, ob der vom Nutzer verwandte Empfänger ein Ein- oder Mehrfrequenzempfänger ist, wird eine vergleichbare bzw. verbesserte Genauigkeit im Vergleich zu herkömmlichen GPS-Empfängern erreicht.

Beim **SoL**-Dienst werden ein drittes Navigationssignal sowie Integritätsinformationen bereitgestellt. Ersteres induziert zusätzliche Redundanz in die damit möglichen Navigationsalgorithmen (z. B. TCAR), während letztere die Nutzer informieren, sobald spezifizierte Genauigkeitslevel durch das System nicht mehr gewährleistet sind. Neben der Verbesserung der Leistungsmerkmale gegenüber dem OS bietet der SoL somit eine Garantie für seine Genauigkeit, Verfügbarkeit und Kontinuität.

Der **CS**-Dienst ist als gebührenpflichtiger Dienst konzipiert, der den Nutzern gegenüber dem OS eine höhere und garantierte Performance bietet. CS wie auch SoL ermöglichen eine Spezifizierung und Zertifizierung von GALILEO-basierten Anwendungen. Zusätzlich ist beim CS eine begrenzte Übertragungskapazität für Nachrichten von Servicezentren an Nutzer vorgesehen.

Der **SAR**-Dienst ist als eine Ergänzung zum bereits bestehenden COSPAS-SARSAT System zu verstehen, welcher es ermöglicht, die von Notsignalsendern ausgestrahlten Signale über die GALILEO Satelliten an die COSPAS-SARSAT-Zentralen weiterzuleiten. Zudem können Botschaften über einen Rückkanal der GALILEO-Satelliten als Antwort in die betroffene Region zurückgesandt werden. Damit wird insbesondere die Leistungsfähigkeit des bereits bestehenden COSPAS-SARSAT Systems deutlich verbessert.

Der Zugang zum **PRS**-Dienst ist nur für autorisierte Nutzer vorgesehen, deren Aufgabenspektrum aus hoheitlichen Interessen resultiert und die hohe Anforderungen an die Genauigkeit

² Voraussetzung ist die gleichzeitige Sichtbarkeit von mindestens vier GALILEO-Satelliten.

und Kontinuität eines Dienstes stellen. Folglich werden die Navigationssignale verschlüsselte Codes und Daten enthalten.

Im GALILEO-Konzept ist neben den Diensten des Kernsystems die Entwicklung und Nutzung ergänzender Systeme zur Verbesserung der Navigationsperformance vorgesehen. Dazu gehören regionale Komponenten wie EGNOS, aber auch lokale Komponenten, die es anwendungsbezogen ermöglichen, die Genauigkeit, Verfügbarkeit und Integrität der Positionierung durch Bereitstellung weiterer Navigationssignale (z. B. Pseudolites), zusätzlicher Korrektur- und Integritätsinformation (z. B. differenzielles GNSS) bzw. durch integrative Lösungen (z. B. terrestrische Ortungsverfahren für Indoor-Positionierung) weiter zu erhöhen.

Die europäische Initiative GALILEO zielt letztlich auf die Schaffung einer Navigationsinfrastruktur, die einerseits unter ziviler Kontrolle im europäischen Interesse betrieben wird und die es andererseits der Europäischen Gemeinschaft ermöglicht, eine Vielfalt neuer und zertifizierbarer Anwendungsmöglichkeiten, u. a. in den Bereichen Verkehr, Telekommunikation und Landwirtschaft, zu erschließen bzw. bereits heute auf GNSS-Systemen basierte Anwendungen deutlich zu verbessern.

2.2 Abgrenzung gegenüber GPS und GLONASS

Sowohl beim GPS wie auch beim russischen Pendant GLONASS handelt es sich um Systeme, die aus rein militärischen Erwägungen heraus entwickelt wurden. Dies hatte und hat auch heute noch zur Folge, dass beide Staaten im Rahmen ihrer Sicherheitsbelange (z. B. Verteidigung) es sich vorbehalten, die Signale ihrer Navigationssysteme ohne Vorwarnung zu manipulieren (z. B. Verfälschung oder lokale Abschaltung) und damit den Zugang bzw. die Anwendung durch nicht autorisierte Nutzer, zu denen auch alle zivilen Anwender gehören, zu erschweren oder zu verhindern. Damit ist eine Garantie bzgl. der Signalverfügbarkeit und -qualität dieser Systeme für jegliche Art ziviler Anwendungen nicht gegeben. GALILEO hingegen wurde unter rein zivilen Aspekten konzipiert. Hierdurch wird es möglich, für einen Teil der unter Punkt 2.1 erwähnten Dienste rechtliche Funktionsgarantien zu geben, was bisher weder von GPS noch von GLONASS gewährleistet wird. Dies spielt insbesondere im Rahmen der Zertifizierung von Anwendungen und Systemen bei sicherheitsrelevanten Anwendungsfeldern eine entscheidende Rolle.

Ein weiterer gravierender Unterschied zu den bestehenden Systemen existiert bezüglich der technischen Eigenschaften hinsichtlich der Systemintegrität. Systemintegrität bedeutet, dass dem Navigationssignal bei GALILEO zeitlich definierte Warnmitteilungen aufmoduliert werden, sobald das System eine Verletzung des spezifizierten Performancepegels detektiert. Ursachen dafür können u. a. Ausfälle im Satellitensegment, Uhrenprobleme im Satelliten oder auch starke Amplituden- und Phasenvariationen aufgrund atmosphärischer Störungen sein. Die Berechnung der dafür vorgesehenen Integrity-Flags wird systeminhärent im Rahmen eines permanenten Monitorings des Systems durch ein Netzwerk von GALILEO-Sensorstationen und der Durchführung zugeordneter Datenanalysen im Ground Monitoring System erfolgen. Auf Grundlage des so zur Verfügung gestellten Wissens über die „Güte“ des Systems und der ausgesendeten Signale ist eine deutliche Verbesserung hinsichtlich der Zuverlässigkeit der ermittelten Positionslösungen sowie ihrer Genauigkeit zu erwarten. Zudem sind weitere technische Details (wie z. B. Empfang von Mehrfrequenzsignalen, erhöhte Signalleistung, verbesserte Codes etc.) vorgesehen, die ebenfalls eine Funktionserweiterung gegenüber den gegenwärtig operierenden Systemen (GPS/GLONASS) darstellen. In diesem Zusammenhang ist jedoch zu beachten, dass insbesondere am amerikanischen GPS durch den Einsatz der nächsten (GPS Block IIR-M) und übernächsten (GPS III) Generation von Navigationssatelliten technische Modifikationen zum Einsatz kommen werden, die zu einer Verminderung der Leistungsunterschiede zwischen GALILEO und GPS führen werden. Die Hintergründe für die Modernisierung sind in der Verbesserung der Leistungsparameter von GPS sowohl für militärische als auch zivile Anwendungen zu

sehen. Das modernisierte GPS setzt dabei auf größere Signalstärken zur Verbesserung der Störfestigkeit von Signalen, zusätzliche Codes (M-Code) als verbesserter Schutz im Rahmen der militärischen Nutzung sowie neue zivile Signale (zweites ziviles Signal auf L2 sowie drittes ziviles Signal auf L5) zur Erhöhung der Genauigkeit und Integrität. Es ist davon auszugehen, dass GPS auch im Bodensegment zahlreiche Verbesserungen erfahren wird, um den erweiterten Forderungen nach High Speed Uplink-, Downlink- und Crosslink-Verbindungen gerecht werden zu können. Der Start der ersten GPS Block IIR-M Satelliten ist für 2004 vorgesehen, die angestrebte Verfügbarkeit des zweiten zivilen Signals für 2008.

Letztlich unterscheidet sich GALILEO auch in der Art der Finanzierung und Förderung des Anwendungspotenzials von den bestehenden Systemen GPS/GLONASS. Während die Kosten bei GPS und GLONASS zu fast 100% aus Mitteln der Verteidigungshaushalte dieser Staaten getragen werden, ist für GALILEO ein so genanntes PPP-Modell (Public-Private-Partnership) vorgesehen, in dessen Rahmen sowohl öffentliche als auch private Mittel für den Aufbau und den Betrieb des Systems aufgebracht werden sollen. Zur Koordination dieses Prozesses wurde das GALILEO Joint Undertaking (GJU) gegründet, dessen wesentliche Aufgaben darin bestehen, per Ausschreibung einen Konzessionär für den Betrieb von GALILEO zu ermitteln sowie die Regie für projektbegleitende Ausschreibungen (6. Forschungsrahmenprogramm) zum Aufbau von Diensten und Anwendungen zu übernehmen. Ziel ist es, die zukünftigen Aufwendungen der Öffentlichen Hand sukzessive zu vermindern, um letztlich ein sich aus privaten bzw. erwerbswirtschaftlichen Einnahmen tragendes System zu schaffen.

2.3 Was kann GALILEO nicht?

GALILEO wird als autark betriebenes System dem Nutzer in Echtzeit eine Systemgenauigkeit bei Nutzung

- eines Trägersignals (1-Frequenzempfang) von 15 m horizontal und 35 m vertikal (2σ)³ sowie
- mehrerer Trägersignale (Mehrfrequenzempfang) von 4 m horizontal und 8 m vertikal (2σ)

gewährleisten. Höhere Genauigkeiten werden nur durch die Einbindung zusätzlicher regionaler und lokaler Komponenten möglich sein. GALILEO wird damit in Analogie zu bestehenden GNSS-Systemen und bezogen auf seine Basissystemelemente ebenfalls kein System sein, das ohne die Nutzung ergänzender Dienste/Elemente eine hochpräzise Navigation unterhalb des m-Levels ermöglicht.

Da für alle Satellitennavigationssysteme die Übertragung im L-Band über vergleichbare Übertragungskanäle (Ionosphäre, Troposphäre, Nutzungsumgebung) erfolgt, ist mit identischen Ausbreitungsfehlern zu rechnen. Ionosphärische und troposphärische Einflüsse werden durch Weiterentwicklung von entsprechenden Korrekturverfahren und -modellen minimiert. Umgebungsbedingte Einflüsse wie Mehrwegeausbreitung und Abschattung (Häuserschluchten in Großstädten, Täler) werden einerseits dadurch reduziert, dass die gewählte Satellitenkonstellation eine höhere Signalverfügbarkeit bei Abschattungen in Elevationswinkelbereichen über 10° ermöglicht und dass andererseits der Multipathfestigkeit gewählter Signalkodierungen und -modulationen besonderes Augenmerk gewidmet wird. Das Kernsystem von GALILEO (Satellitensegment sowie Bodensegment mit dem GCC, den Sensorstationen, den Mission-

³ Unter Ansatz einer Normalverteilung gilt, dass bei $1\sigma \approx 68,3\%$, $2\sigma \approx 95,5\%$ und $3\sigma \approx 99,7\%$ aller Werte im Bereich um den Mittelwert enthalten sind. Für die Exponentialverteilung gilt: $1\sigma \approx 63,2\%$, $2\sigma \approx 86,5\%$ und $3\sigma \approx 95\%$. Wenn keine explizite Verteilungsfunktion angegeben ist, wird von der Normalverteilung ausgegangen.

Uplink Stationen sowie den TCC-Stationen) kann aber aus rein technischer Sicht - wie auch GPS/GLONASS - keine vollkommene Vermeidung von Ausbreitungsfehlereinflüssen ermöglichen. Weiterhin ist zu beachten, dass GALILEO keine systeminhärente Lösung für die Positionierung in Indoor-Bereichen anbieten kann, da auch die Leistungsverstärkung der GALILEO-L-Band Signale es nicht ermöglichen wird, Signalabschattungen zu vermeiden.

Folglich ist die Integration zusätzlicher regionaler und lokaler Elemente (z. B. Bereitstellung zusätzlicher Integrity Informationen, Instrumente zur Positionierung in von Signalabschattung betroffenen Gebieten, etc.) insbesondere als eine Notwendigkeit für hochpräzise und sicherheitskritische Anwendungen zu verstehen. Ihr Mehrwert muss von eigenständigen Service Providern erbracht werden, deren Dienste zwar auf den Services des GALILEO-Basissystems aufbauen, jedoch entkoppelt zu erbringen sind.

Oftmals entsteht der Eindruck, GALILEO würde bereits eine Kommunikationsinfrastruktur für den Aufbau solcher Dienste mit beinhalten – dies können z. B. sein: regionaler Integrity Informationsdienst zur Verbesserung der Sicherheitsperformance, geodätischer Referenzdatendienst für die Umrechnung von Positionsdaten in lokale Koordinatensysteme, D-GNSS-Dienst mit differentiellen Korrekturinformationen zur Minimierung von Störeinflüssen, A-GNSS-Dienst als unterstützende Maßnahme zur schnelleren Signalakquisition, 3D-Geländeeinformedienst zur Berücksichtigung des Umgebungsprofils etc. . Hierzu ist anzumerken, dass seitens der Integration von Kommunikationskomponenten derzeit nur der SAR-Service auf Basis des Empfanges von Notfallsignalen im 406 MHz Bereich und deren Weiterleitung zu den COSPAS-SARSAT Meo-LUTs im L-Band integriert sein wird. Die Integration weiterer Dienste wird über entsprechende Schnittstellen den noch neu zu entwickelnden Endgeräten zukommen.

3 Mögliche verkehrliche Anwendungsfelder

Der Verkehr im Sinne physischer Mobilität von Personen und Gütern von einem Start- zu einem Zielpunkt hat naturgemäß einen starken Bezug zu GALILEO als Ortungssystem. Neben der Tatsache, dass es für mobile Verkehrseinheiten und die sie überwachenden Systeme immer ein Thema von erheblicher Relevanz ist, ihre Positionen genau bestimmen zu können, ist eine unüberschaubare Vielzahl von darauf aufsetzenden Anwendungen denkbar. Die folgende nach Verkehrsträgern strukturierte Liste soll hierzu einen ersten Eindruck vermitteln:

Straßenverkehr (KFZ)

- **Verkehrszustandserfassung (FCD, FTD):** Erfassung von Verkehrszustand und Verkehrsdichte. Aus der bewerteten Information können weitere Informationen abgeleitet werden, z. B. Ausweich- oder Umwegempfehlungen.
- **Generierung von Verkehrsinformationen:** Aus der Verkehrszustandserfassung können Empfehlungen für stationäre Anzeigen generiert und veröffentlicht werden.
- **Echtzeitroutenführung:** Führung des Fahrzeugs vom Startpunkt zum Zielpunkt, z. B. Führung des Fahrers zum freien Parkplatz im Parkhaus.
- **Notfallmanagement:** Ein Unfall kann automatisch gemeldet werden und es können ggf. sogar bereits in Abhängigkeit von bestimmten Parametern differenzierte Reaktionen ausgelöst werden.
- **Flotten- und Frachtmanagement (Logistik):** Die Erfassung und Auswertung des Zustands des Fahrzeugs und der Fracht sowie ggf. Auslösung einer Aktion (z. B. Instandsetzung, Wartung, etc.).
- **Gefahrgutüberwachung:** Kontinuierliches Überwachen und gezieltes Auslösen von Aktionen in Gefahrguttransporten auf der Basis von Zeit- und Ortsdaten.
- **Rückführung gestohlener Fahrzeuge:** Das Identifizieren, Auffinden und Rückführen kann durch GALILEO und die daraus resultierende geographische und topologische Ortsbestimmung unterstützt werden.
- **Automatische Fahrerunterstützung:** Unterstützung für zeit-, strecken- oder energieoptimales Fahren. Eine Ergänzung um Gefahren- und Kollisionswarnung ist möglich.
- **Spur- und Abstandskontrolle:** Dienst in Ausprägung aller drei Kategorien (Informationssystem, Steuerungssystem, Sicherungssystem) zur Einhaltung fester Mindestabstände in alle Raumrichtungen zu anderen Fahrzeugen und zur Umgebung. Koordination verschiedener On-Board-Systeme unterschiedlicher Fahrzeuge. (Dies ist immer in Kombination mit der Anwendung "sichere Spurführung" zu sehen, wodurch Fahrassistenten bzw. Spurwechselassistenten ermöglicht werden.)
- **Automatische Erhebung von Straßennutzungsgebühren:** elektronische Verfahren zur genauen standortabhängigen Gebührenerhebung z. B. für Straßenbenutzung, Tunnel, Brücken, Parkgebühren, usw. mit international standardisierten Verfahren, Protokollen und Endgeräten. Wiederfinden des Fahrzeugs im Parkhaus.
- **Ortsbezogene Informationssysteme:** Datenbanken, die Informationen über Geographie und Topologie sowie weitere Informationen enthalten.

Personenverkehr (Fußgänger, Radfahrer)

- **Routenführung:** Führung der Person vom Startpunkt zum Zielpunkt, z. B. Führung des Benutzers zum bezahlten Platz im Stadion/Parkhaus.
- **Fahrgastinformationen (ÖPV):** Information des Reisenden über Routen, (öffentliche) Verkehrsmittel, Anschlüsse und Umsteigemöglichkeiten auf der Reise von der Starthaltestelle zur Zielhaltestelle.

- **Mobile Bezahlungssysteme (Mobile Ticketing):** elektronische Verfahren zur genauen standortabhängigen Gebührenerhebung z. B. für Fahrscheine, Eintrittsgelder, usw. mit international standardisierten Verfahren, Protokollen und Endgeräten. Daneben auch möglich: Ortsbasierte und zeitabhängige Preisberechnung bestimmter Bereich im Stadion o. ä.
- **Kartenerfassung (FPD):** Erfassung, Validation und Update von Karten auf der Basis von Daten, die durch Fußgänger z. B. persönliche Reiseassistenten (Personal Travel Assistant – PTA) erfasst werden.
- **Nutzerauthentifikation:** Authentifizierung einer Entität in einem System durch Wissen über geographische Position der Entität. In Erweiterung auch Authentifizierung durch Eigenschaften mittels GALILEO-Empfänger ("geographischer Fingerabdruck").
- **E911/E112/SAR-Unterstützung:** unter Nutzung des SAR-Com-Kanals (oder eines zusätzlichen Transponders), insbesondere in Ergänzung zu GSM-Netzen, Übertragung wichtiger Situationsdaten bei Vorliegen einer Gefahrenlage (z. B. Havarie, Überfall, Entführung, medizinische Notlage von unter Beobachtung stehenden Personen/Patienten, Folge: Erhöhung der Mobilität bei gleichzeitiger Reduzierung von Betreuungsaufwand und Kosten).
- **Gesundheitsüberwachung (Health monitoring):** Erfassung von Gesundheitsdaten in Echtzeit an der Person (z. B. Puls, Blutdruck, etc.) und ggf. Übertragung eines Alarmsignals, wenn ein Grenzwert über- oder unterschritten wird.

Schienerverkehr

- **Zuglokalisierung:** Bestimmung der Position eines Zugs in geographischer und topologischer Hinsicht. Die topologische Position ist die Basis für viele weitere Automatisierungsfunktionen.
- **Zugsteuerung und -beeinflussung:** Auf der Basis der topologischen Position können Funktionen der Steuerung (automatische Fahren, Zielbremsung) und der Sicherung (Abstandshaltung) realisiert werden.
- **Fahrwegsteuerung und -überwachung:** Auf der Basis der topologischen Positionen der Züge können Funktionen der Steuerung und Überwachung des Fahrwegs realisiert werden.
- **Zugvollständigkeits- und Zuglängenüberwachung:** Positionsbasierte Überwachung zur Erkennung unerwünschter Zugtrennungen. Dies kann in Form einer Längenüberwachung realisiert werden.
- **Infrastrukturvermessung und -überwachung:** Erfassung und Auswertung des Zustands der Strecke (Gleise, Brücke, Tunnel etc.), ggf. Auslösung der Anforderung einer zustandsabhängigen Wartung oder Instandsetzung.
- **Energieoptimales Fahren:** Automatisierungssystem, das auf der Grundlage der topologischen Position die aus Energieverbrauchssicht optimalen Geschwindigkeiten, Beschleunigungen und Verzögerungen (Generatorische Bremse) auslöst.
- **Fahren im absoluten und relativen Bremswegabstand:** Das Fahren im Bremswegabstand verlangt eine extrem genaue Bestimmung des relativen Abstands. Diese kann aus der Differenz zweier absoluter Positionen bestimmt werden.
- **Frachtüberwachung:** Die Erfassung und Auswertung des Zustands der Fracht sowie ggf. Auslösung einer Aktion.
- **Fuhrpark-Wartung:** Erfassung und Auswertung des Zustands der Schienenfahrzeuge, ggf. Auslösung einer Anforderung einer zustandsabhängigen Wartung oder Instandsetzung.
- **Effiziente, integrierte Leitsysteme für Nebenbahnen:** Integration der Funktionen zur Sicherung und Steuerung des Fahrwegs und Fahrzeugs sowie der Disposition.
- **Fahrplanverfolgung:** System zur Feststellung, ob der Zug sich zum aktuellen Zeitpunkt noch innerhalb des vorgegebenen Fahrplans befindet, ggf. Anzeige der Abweichung.

- **Kollisionswarnung:** System zur Erkennung und Warnung bei möglichen Kollisionen, eine Ergänzung in Richtung automatischer Eingriff ist denkbar.
- **Triebfahrzeugführerassistenzsysteme:** Unterstützung für fahrplangenaues oder energieoptimales Fahren, Ergänzung um Kollisionswarnung.
- **Bahnsteigbezogene Warnansagen:** Automatische Warnung am richtigen Bahnsteig bei Einfahrt oder Durchfahrt des Zugs.
- **Zugnummernübertragung:** Meldung der sicheren Zugposition und Fahrtrichtung im Stellwerk (Ergänzung oder Ersatz der herkömmlichen rechnergestützten Zugnummernübertragung).

Luftverkehr

- **Luftnavigation (insbesondere Landungen):** Eigenpositionsbestimmung von Luftfahrzeugen mit extrem hohen Anforderungen an Genauigkeit, Integrität und Verfügbarkeit bei hoher Eigengeschwindigkeit. Ziel ist u. a. die GALILEO-gestützte „Null-Sicht-Landung“, d.h. eine Entscheidungshöhe (decision height, DH) von 0 ft über Grund (Cat-3b/c) [15].
- **Überwachungsaufgaben (z. B. ADS-B):** Institutionen mit hoheitlichem Überwachungs- und Steuerungsauftrag (z. B. Deutsche Flugsicherung, DFS) können die im Vergleich zur Radarortung viel genauere Positionsinformation der Eigenortung der Flugzeuge verwenden.
- **Führung unbemannter Flugzeuge:** Die ferngesteuerte Flugführung unbemannter Flugzeuge (Unmanned Aerial Vehicle, UAV, „Drohne“) wird auf der Grundlage der Eigenpositionsbestimmung der Drohne erheblich vereinfacht. Bei Verwendung geeigneter Streckenführungsalgorithmen kann eine Teilautonomie erreicht werden.
- **„Black box“-Lokalisierung:** Erleichterung des Auffindens von black box-Recordern nach Flugunfällen.
- **Flughafenmanagement (primär Luftseite):** Rollverkehrsmanagement auf der Basis der Eigenpositionsbestimmung von Flugzeugen und anderem Vorfeld-Verkehr.
- **Erdbeobachtung/Photogrammetrie:** Die Zuordnung von Luftbildaufnahmen zu eindeutigen Georeferenzen.

Schiffsverkehr

- **Verkehrslageerfassung (GNSS/maritimes AIS):** Übertragung der Verkehrsdaten aller Schiffe innerhalb einer Region zur Ableitung eines vollständigen Verkehrslagebildes auf der Basis der effizienten Ausnutzung satellitengestützter Navigationssysteme in Kombination mit weiteren Navigationssensoren (AIS, Radar).
- **Echtzeitroutenführung:** Optimierte Routenvorgabe/ Empfehlung für jeden Verkehrsteilnehmer in Echtzeit (Weiterentwicklung in Richtung automatische Führung).
- **Kollisionsverhütung:** Nutzung der Positionsangaben von Schiffen zur Kollisionswarnung und deren Vermeidung in teilweiser Analogie zu den bereits in der Luftfahrt eingesetzten Kollisionswarn- und Kollisionsvermeidungssystemen TCAS.
- **Gefahrgutüberwachung:** Die Erfassung und Auswertung des Zustands der Fracht sowie Auslösung unmittelbarer Gefahrenabwehrreaktionen auf der Basis von Zeit- und Ortsdaten.
- **Short Based/Automatic Pilotage:** Gegenseitige Übertragung hochpräziser Lage- und Routeninformationen benachbarter Schiffe, darauf basierende Berechnung von Remote Control – Steuersequenzen und Übertragung an die Verkehrsteilnehmer über LBS (Location Based Services).
- **Vermessung und Inspektion:** Automatische Vermessung und Inspektion stark von Erosion betroffener Küstenabschnitte.

- **Ausbaggerungen und Kabelverlegung:** Navigation von Bagger- und Kabelverlegungsschiffen für das effiziente Ausheben von Fahrrinnen in Schifffahrtskanälen sowie für das Setzen von Identifikationspunkten bei der Verlegung von Hochseekabeln.
- **Positionierung von Navigationsbojen:** Genaue Positionierung bei der Installation von Navigationsbojen sowie ggf. autarke Nachführung ihrer Position durch Eigenkontrolle der gemessenen Istposition mit der Sollposition.
- **Regelung des Haferverkehrs:** Übertragung von Navigations- und Zusatzdaten zum landseitigen Verkehrsmanagementsystem zur Regelung des Haferverkehrs.
- **Küsten- und Umweltschutz:** siehe Gefahrgutüberwachung sowie Vermessung und Inspektion.
- **Absetzen von Distress-Messages:** Anwendung des GALILEO-SAR Dienstes.

Intermodale Ansätze

- **Integratives Flotten- und Frachtmanagement (z. B. Schiff-Hafen-Schiene):** Nutzung der Positionsangaben seeseitig bereits bestehender Identifizierungssysteme (AIS) für den landseitigen Übergang auf Frachtflotten mit dem Ziel der Verbindung zu landseitigen Logistiksystemen über standardisierte Schnittstellen.
- **intermodale Frachtverfolgung:** Zeit- und ortsgenaue Verfolgung von Gütern über die gesamte Logistikkette unabhängig von Verkehrsträger durch Einsatz miniaturisierter Empfänger (zum Beispiel auf Basis von FPGA's).
- **Verkehrsträgerübergreifende Reiseempfehlung in Echtzeit:** Entwicklung standardisierter Telematik-Plattformen für den mobilen und portablen Einsatz zur multimodalen Verkehrsdatenerfassung und Verkehrsinformation, aufsetzend auf verbreiteten Kommunikations-, Ortungs- und Multimedia-Standards (z. B. auf der Basis von COTS-Produkten), Generierung vielseitiger Mehrwertdienste auf einem Endgerät, dadurch höhere Akzeptanz und schnellere Marktdurchdringung.
- **erweiterte Telematik/Telemetrie:** Gezieltes Auslösen von Aktionen in (Gefahrgut-)Transporten auf der Basis von Zeit- und Ortsdaten.
- **Umweltdatenerfassung:** durch Fahrzeugflotten mit GNSS-Empfänger und spezifischen Sensoren als kostengünstiges Nebenprodukt (z. B. xFCD), Anwendungen: Generierung von aktuellen Umwelt- oder Verkehrsdaten, Attributierung von digitalen Verkehrsnetzdaten, usw.

Nicht alle genannten Themen sind bereits mit dem heutigen Stand der Technik realisierbar. Zum Teil beinhalten die genannten Anwendungsfelder kurz-, mittel- und langfristigen Forschungs- und Entwicklungsbedarf. Im folgenden Kapitel soll daher aus der Sicht der Großforschungseinrichtung DLR dargestellt werden, welche Expertise im DLR zu den genannten Themenbereichen vorhanden ist und welche dieser Themenkomplexe prioritär bearbeitet werden sollten.

4 GALILEO-Kompetenzen im DLR und spezifische Forschungsfelder

4.1 GALILEO-Kompetenzen

Dem Thema GALILEO wird im DLR bereits seit mehreren Jahren eine hohe Bedeutung beigemessen, wobei sich die damit in Zusammenhang stehenden F&E Aktivitäten in einer Vielzahl von Themenkomplexen widerspiegeln. Unter Bezug auf die verstärkte Fokussierung von GALILEO zur Unterstützung primär ziviler Anwendungen, und hierbei insbesondere im Verkehrsbereich, arbeiten sowohl das Institut für Kommunikation und Navigation sowie das Institut für Verkehrsforschung als auch das Institut für Verkehrsführung und Fahrzeugsteuerung daran, den avisierten Mehrwert von GALILEO in forschungsrelevante Arbeiten der jeweiligen Institute zu integrieren sowie fachübergreifende Themen zu spezifizieren, die mit den Expertisen eines Instituts alleine nicht abgedeckt werden können.



Die institutsübergreifende Vorgehensweise und Kompetenz ermöglicht eine fundierte und professionelle Abstimmung zwischen Technologieentwicklung und den Bedürfnissen von Anwendern / Nutzern. Dabei kann das DLR folgende Funktionen wahrnehmen, um eine zielgerichtete Umsetzung von Projektaktivitäten zu unterstützen:

1. Durchführung von Markt-, Bedarfs- und Nutzeranalysen für zukünftige Dienste und Systeme sowie von Akzeptanz- und Usability-Tests,
2. Erstellung von Anforderungsprofilen an neue Systeme und Komponenten aus psychologischer, sozio-ökonomischer und verkehrstechnischer Sicht,
3. Erarbeitung von Dienste- und Technologiekonzepten sowie von Systemspezifikationen basierend auf zukünftigen Ortungsverfahren (GNSS/GALILEO), Kommunikations- und Informationstechnologien,
4. Entwicklung von Verfahren zur Verkehrsdatenerfassung und -analyse durch neue Ortungsmöglichkeiten sowie von mathematischen und numerischen Lösungsansätzen,
5. Software- und Systementwicklungen basierend auf Standardkomponenten,
6. Aufbau und Test von Prototypen auf der Basis umfangreicher Laborausstattungen (Großanlagen),
7. Durchführung und Auswertung von Pilotanwendungen im Sinne von Demonstrationen,
8. Überarbeitung und Adaption von Konzepten, Systemen oder Diensten.

Im vorliegenden Exposé wird, wie bereits in der Einleitung hervorgehoben, der Fokus auf die Anwendungsmöglichkeiten von GALILEO im Verkehr gelegt.⁴ Diese werden im Sinne der Transparenz dieses Dokumentes jedoch nicht umfassend und detailliert aufgeführt und diskutiert. Vielmehr werden unter Bezug auf die drei bereits genannten Institute im Rahmen dieses Exposés Themen herausgestellt, die einer gemeinsamen Schnittmenge sich ergänzender Forschungsaktivitäten entsprechen und daher im Sinne eines Alleinstellungsmerkmals die interdisziplinäre, umfassende und synergetische Kompetenz des DLR bezüglich potenzieller verkehrlicher Nutzungen von GALILEO unter Beweis stellen.

4.1.1 Institut für Kommunikation und Navigation (IKN, Oberpfaffenhofen und Neustrelitz)

Im Institut für Kommunikation und Navigation (IKN) verteilen sich GALILEO-relevante Forschungsaktivitäten mit direktem oder auch indirektem Bezug zum Verkehr insbesondere auf die Fachgruppen Navigation und Leitsysteme, Antennen sowie Nachrichtensysteme. Eine der wesentlichen Zielstellungen liegt darin, neue Kommunikations- und Navigationstechnologien im Verkehr zu *integrieren* und vor allem Forschungsthemen mit hohem Marktpotenzial zu bearbeiten.

Der Aufbau von GALILEO ist dabei unbestritten die größte Triebfeder für die Verkehrsaktivitäten des IKN. Das Institut hat an der Entwicklung zahlreicher GNSS-Schlüsselkomponenten mitgewirkt und beteiligt sich heute im Bereich der Empfänger- und Dienste-Entwicklungen, die seit den ersten beiden Calls des GJU an Bedeutung gewinnen. Die unterschiedlichen Dienste und Verkehrsträger führen zum Teil zu sehr unterschiedlichen Anforderungen an Endgeräte, die für Fußgänger, Kfz, Schwerlastverkehr, Bahn, Schiff und Luftfahrt entwickelt werden. Dabei sind zahlreiche technische Probleme zu lösen mit dem Ziel, eine präzise und integre Ortung auch in abgeschatteten oder durch starke Mehrwege-Effekte charakterisierten Umgebungen bereitzustellen. Auf Grund der technologischen Entwicklung verfolgt das IKN Ansätze, die eine Kopplung satellitengestützter Ortung und zusätzlicher Sensorik sowie die Entwicklung von Mehrwege-Unterdrückungsverfahren auf der Basis intelligenter Antennen oder innovativer Empfängeralgorithmien vorsehen. Um die sicherheitsrelevanten GALILEO-Dienstkonzepte realisieren zu können, wird sich das IKN an der Bereitstellung zuverlässiger, lokaler Integritätsinformationen für Verkehrssteuerungssysteme beteiligen. Dies erfolgt durch den Aufbau von Verifikationsnetzwerken zur Bewertung der Systemperformance von GNSS-Systemen in lokalen Umgebungen.

Die Integration und Weiterentwicklung bestehender Kommunikationsstandards hat u. a. das Ziel, neue Dienste zu ermöglichen, was insbesondere für Verkehrsanwendungen ein großes Potenzial eröffnet: Die Satellitennavigation liefert die Position des Verkehrsteilnehmers, über Broadcasting-Technologien können verkehrsrelevante Informationen großflächig verteilt werden und über Mobilfunk und Kurzreichweitenkommunikationsverfahren können individuelle Kommunikationsverbindungen aufgebaut werden. Diese Integration wird von nahezu allen Marktteilnehmern (Netzbetreiber, Diensteanbieter, Endgerätehersteller, Fahrzeugindustrie) betrieben. In den Projekten *MCP (Multimedia Car Platform)* zusammen mit BMW, VW, Telekom, Nokia u. a. sowie im Projekt *Heywow* wurden bereits Dienstplattformen entwickelt und prototypisch demonstriert. Hierbei kommen Technologien zur optimalen Ausnutzung hybrider Kommunikationsnetzwerkstrukturen sowie Anpassungen an den sich ständig ändernden Anwenderkontext zum Einsatz.

⁴ Ungeachtet dessen werden natürlich seitens der DLR-Institute auch unabhängig von Verkehrsanwendungen grundlagenspezifische Themenkomplexe hinsichtlich neuer Satellitennavigationssysteme bearbeitet.

Die technologische Entwicklung (GALILEO, schnelle Prozessoren in Endgeräten) rückt die Realisierung der Fahrzeug-Fahrzeug-Kommunikation immer näher. Sämtliche Fahrzeughersteller befassen sich mit dieser Thematik und streben Hersteller übergreifende Standards an. Das IKN hat sich u. a. im Projekt DACAR bereits Anfang der 90er Jahre mit der Fahrzeug-zu-Fahrzeug-Kommunikation intensiv auseinander gesetzt und will in diesem Gebiet an der Weiterentwicklung geeigneter Akquisitions-, Modulations- und Zugriffsverfahren mitwirken.

Im Folgenden sind exemplarisch noch einmal IKN-relevante Komponenten, Themen und Projekte aufgeführt, die im Handlungsumfeld avisierten GALILEO-Verkehrsanwendungen eine Rolle spielen oder die besondere Kompetenz des IKN im Bereich der Verkehrsanwendungen modellhaft verdeutlichen:

Experimentelles Verifikationsnetzwerk (EVN)

Das EVN ist ein spezielles echtzeitnahes Netzwerk zur Untersuchung der Eigenschaften, Verfügbarkeit und Leistungsfähigkeit globaler Satellitennavigationssysteme. Dazu werden Signale existierender GNSS mittels geeigneter Sensoren in einem weiträumig verteilten Netzwerk erfasst, zentral archiviert und bearbeitet. Im Rahmen der Bearbeitung entstehen höherwertige Produkte, die für verschiedenste Anwendungen, u. a. zur Unterstützung neuer Dienste im Rahmen von GALILEO, geeignet sind. So wird es durch Nutzung des EVN Service-Providern möglich sein, über geeignete und bezahlbare Übertragungsmedien, wie beispielsweise das Internet, Echtzeitdaten zur Verbesserung der Navigationsperformance und zur Bestimmung der Systemintegrität von GNSS-Systemen zu beziehen und insbesondere im Kontext sicherheitskritischer Verkehrsanwendungen zu nutzen. Das EVN stellt dazu den Nutzern alle im Netzwerk verfügbaren Daten und abgeleiteten Produkte in Form spezifizierter Dienste zur Verfügung und kann entsprechend speziellen Anforderungen konfiguriert werden, um spezifischen Anwenderinteressen zu dienen. Gegenwärtig befindet sich der 3. Prototyp in Entwicklung. Ein voll operables System wird nach einer dreimonatigen Testphase zu Beginn des Jahres 2005 im zweiten Quartal des Jahres 2005 zur Verfügung stehen.

End to End-Simulationssystem NAVSIM

Das Simulationssystem NAV-SIM wurde im IKN entwickelt, um Aufgabenstellungen des Signal-designs, des Einflusses von Ausbreitungsfehlern sowie zur Konzipierung von Endnutzersystemen (Hardware, Firmware, Korrekturverfahren) zu bearbeiten. NAVSIM als sogenannter *GNSS end-to-end Simulator* ist in der Lage, für spezifizierte GNSS-Systeme unter Betrachtung verschiedener Signalstrukturen, unter Berücksichtigung signifikanter Ausbreitungsfehler sowie durch Verwendung verschiedener Modelle, Algorithmen und Verfahren für den Signalempfang und die Datenprozessierung die Performance aus Nutzersicht (Genauigkeit, Verfügbarkeit, Zuverlässigkeit) zu bestimmen. Als Anwendungsgebiet im Rahmen des Themas GALILEO-Verkehrsanwendungen kann NavSim zur Entwicklung und Validierung von experimentellen und nutzerspezifischen Systemen (Verkehrstelematik, Infomobilität) sowie von lokalen und regionalen Ergänzungssystemen eingesetzt werden. Gerade mit der Entwicklung von GALILEO und seiner Umsetzung als Infrastruktur in Europa ist eine frühzeitige Beratung potenzieller Nutzer bezüglich der Leistungsfähigkeit von GALILEO und bereitgestellter Mehrwertdienste erforderlich. Für den parallel zu etablierenden Endgerätemarkt ist es darüber hinaus erforderlich, Empfängerbaugruppen anwendungsbezogen zu entwickeln, wobei hier das Simulationssystem einerseits für die Bereitstellung synthetisch generierter Navigationssignale und andererseits für die Simulation nutzerspezifischer Anwendungen modifiziert und herangezogen werden kann.

GALILEO SoL-Komponenten und Endgeräte

Im Rahmen des Themas Einsatz von GALILEO im Safety-of-Life-Sektor sind neben solchen Entwicklungsschwerpunkten wie lokale Elemente oder integrierte Endgeräte auch Technologieentwicklungen im Kontext des Gesamtsystems erforderlich. Im Bahnbereich sollen dazu unterstützende Technologien für das Betriebsregime von Schienentrassen auf der Basis des Dienstekonzeptes von GALILEO sowie der Etablierung von Location Based Services entwickelt werden.

Ein wesentlicher Ansatzpunkt liegt hier in der Ergänzung und Erneuerung von Signalanlagen und Zugbeeinflussungssystemen auf der Grundlage der zu nutzenden GALILEO Service Levels „Safety of Life“ und „Commercial Service“. Beide Dienste bieten Garantien hinsichtlich der Leistungsmerkmale Genauigkeit, Verfügbarkeit und Kontinuität und sind folglich für den Einsatz im Rahmen des sicherheitsrelevanten Bahnsektors prädestiniert.

Messaging and SAR via GALILEO

In Vordergrund des Themas Messaging and SAR via GALILEO steht die Schaffung eines offenen Standards für paketerorientierte Datenübertragung über MEO Satelliten, der - optimal anpassbar an unterschiedliche Mehrwertdienste - variable Anforderungen an Datenmenge, Link Margin, Laufzeit und Güte unterstützt. Dabei ist, wegen der Marktdurchdringung von GSM oder GSM-ähnlichen Telefonen, die einfache Integration auf solchen Anwenderendgeräten von herausragender Bedeutung und vordringliches Ziel dieses Themas. Arbeiten dazu umfassen die Systemarchitektur, Abdeckungs- und Verkehrsmodelle, die Erarbeitung und Untersuchung von Messaging-Protokollen und Formaten, Linkbudget-Optimierung und die Bestimmung sich daraus ergebender Gewinne durch Codierung oder regenerativer Satellitennutzlast für High Penetration-Ereichbarkeit.

Car2Car Communication

Die Schwerpunkte des Themas Car2Car Communication liegen primär in der Spezifikation eines robusten und zuverlässigen Verfahrens zur zeitnahen Benachrichtigung der Verkehrsteilnehmer in der Umgebung eines besonderen Ereignisses wie beispielsweise eines Unfalls oder dem nachfolgenden Verkehr am Stauende. Hierzu sind optimale Zugriffsverfahren zu untersuchen und auszuwählen, die es ermöglichen, Nachrichten störungsfrei und ohne gegenseitige Überlagerung von „Car to Car“ auszutauschen. Dabei kann auch auf Erfahrungen aus dem Projekt DACAR zurückgegriffen werden, die bei der Entwicklung eines experimentellen digitalen Übertragungssystems im Bereich 60 GHz (u. a. zur Limitierung der Zellgröße auf etwa 500 m) zur Fahrzeug-Fahrzeug-Kommunikation gemacht wurden. Ferner sind geeignete Modulationsverfahren und Paket- bzw. Rahmenstrukturen auszuwählen, die vor allem eine rapide Akquisitionsfähigkeit ermöglichen müssen. Die Einbeziehung von GALILEO spielt dabei vor allem in Sinne der zu erwartenden Performanceverbesserungen von GNSS-Systemen sowie seiner Zertifizierbarkeit im Rahmen sicherheitskritischer Anwendungen eine entscheidende Rolle.

Heywow

Ziel des Projektes Heywow war die Entwicklung einer neuen Generation orts- und kontextabhängiger Dienste für mobile Anwender (primär Fußgänger). Deren weltweit erstmalige Demonstration erfolgte 2003 im DLR-Demonstrationsnetz in Landsberg/Lech. Die Entwicklung der Dienste basiert auf Technologien wie Bluetooth/WLAN und GSM/GPRS, Java-fähigen Endgeräten und sogenannten Local Service Points. Insbesondere stand auch die Integration verschiedener Ortungstechnologien wie GPS, A-GPS, Lokalisierung per GSM sowie inhärenter Positionierung im Vordergrund (outdoor und indoor). Eine natürliche Weiterentwicklung ist die Integration von GALILEO mit seinen in Abschnitt 2 vorgestellten besonderen Eigenschaften. Ziel der Feldversuche in Landsberg war die Demonstration der neu entwickelten Dienste, der einfachen Handhabung dieser Dienste seitens des Nutzers und das Aufzeigen der Vorteile. Weitere Konzepte, die im Rahmen von Heywow entwickelt wurden, sind das Smart Caching, Situation-Awareness und Prefetching.

4.1.2 Institut für Verkehrsführung und Fahrzeugsteuerung (IFS, Braunschweig)

Im Institut für Verkehrsführung und Fahrzeugsteuerung (IFS) werden die beiden Schwerpunkte Automotivsysteme und Bahnsysteme bearbeitet. Hierfür existiert ein breites Spektrum an spezifischer Expertise wie z. B. zu Bahnbetrieb, Betriebsordnungen, European Rail Transport Manage-

ment System (ERTMS) und European Train Control System (ETCS) für Bahnsysteme sowie zu Technologien, Systeme und Anwendungen von Fahrerassistenzsystemen für den Bereich Automotivsysteme. Ergänzt werden diese durch weitere Expertisen, die für beide Bereiche einsetzbar sind, wie z. B. Human Factors, Migration, Life-Cycle-Cost (LCC) Berechnung, Modellierung, Validation, Testen und Umwelt-Visualisierung.

CHAP (Cooperative Highly Accurate Positioning System)

Ziel des internationalen Projektes CHAP ist es, das Collaborative Differential Positioning System (CDPS) nutzbar zu machen. Die Technologie bietet eine preiswerte und besonders präzise Lösung zur Positionsbestimmung in dichten Ballungsräumen und urbanen Umgebungen für eine solche Applikation wie Advance Driver Assistance Systems (ADAS), die auf GNSS (z. B. Galileo) basiert. Die Zielsetzung des CHAP-Projektes ist es, den Einsatz der CDPS in zwei ausgewählten ADAS-Applikationen: Automatic Cruise Control (ACC) und Automatic Distance Control (ADC) zu testen und zu validieren. Das Konzept des Projektes und der CDPS-Technologie wird allgemein in Fahrzeugen und im Besonderen in dem Bereich ADS betrachtet.

Entwicklung einer zeitbezogenen Navigation für den Straßenverkehr

Ziel des Forschungsprojektes ist die Entwicklung einer zeitbezogenen Navigation, um die Pünktlichkeit im Straßenverkehr zu erhöhen. Der Straßenverkehr ist im Vergleich zu den Verkehrssystemen Luft- und Schienenverkehr relativ unpünktlich und unsicher. In vielen Anwendungen im Personen- und auch im Güterverkehr ist gerade die Pünktlichkeit von großer Bedeutung, insbesondere die Anfahrtpünktlichkeit, also eine hohe Übereinstimmung zwischen geplanter und tatsächlicher Anfahrtszeit. Intermodale Reiseketten im Personenverkehr, bei denen der Wechsel auf andere Verkehrsmittel stattfindet, sei es vom Auto auf das Flugzeug oder auf die Bahn, erfordern eine hohe Anfahrtpünktlichkeit zur Anschlussicherung. Im Güterverkehr sind es Just in Time-Verkehre, die eine hohe Anfahrtpünktlichkeit erfordern. Dabei ist Pünktlichkeit immer eine Frage der guten Planung. Zusätzlich sind aber geeignete Mittel und Maßnahmen notwendig, um Abweichungen vom Plan, die während der Ausführung auftreten, auszugleichen. Zukünftig ermöglicht eine zeitbezogenen Navigation mittels GNSS (z. B. Galileo), Fahrzeuge im Straßenverkehr auf Routen derart zu führen, dass eine geplante Anfahrtszeit tatsächlich eingehalten wird. Neben dem räumlichen Freiheitsgrad der Route ist die Geschwindigkeit ein wichtiger Freiheitsgrad, der sowohl vor der Fahrt bei der Routenplanung als auch während der Fahrt bei der Fahrzeugführung gewählt bzw. variiert werden kann.

Galileo als Basis für eine individualisierte Navigation

Das Thema der individuellen Navigation fokussiert die Generierung einer auf den Fahrer angepasste Routenwahl. Dabei werden sowohl Fähigkeiten und Fertigkeiten des Fahrers berücksichtigt, als auch seine Vorlieben und sein aktuelles Befinden. Die Belastung beim Fahren kann somit reduziert werden, wovon gerade ältere Fahrer profitieren können. Probleme bei der Aufmerksamkeitsteilung können über eine gezielte Routenwahl, welche individuell belastende Strecken nicht berücksichtigt, verhindert werden.

Um eine Route im Fahrzeug zu planen und diese ständig aktualisieren zu können, benötigt man als wesentliche Grundlage verlässliche und hochaktuelle Positionsdaten des Fahrzeugs. Bisher werden diese vom GPS geliefert. Die Bereitstellung von Positionsdaten mit verbesserter Genauigkeit und einer höheren Verlässlichkeit bildet dabei eine Ausgangslage für die zukünftige Weiterentwicklung der individuellen Navigation. Gerade im Bereich der Generierung von infrastrukturseitigen Attributen als Grundlage für die Individualisierung ist die Genauigkeit und Verlässlichkeit der Positionsdaten elementar. Des Weiteren kann die Übertragung der Fahrzeugposition auf die Infrastruktur durch ein genaueres Positionierungssystem optimaler geleistet werden.

ViewCar

Das ViewCar ist ein Messfahrzeug zur Analyse des Fahrerhaltens und seiner Wahrnehmungsprozesse im Straßenverkehr. Es ist mit Sensoren zur Messung und Aufzeichnung des umgebenden Verkehrsszenarios, der Fahrerblickrichtung, der Bedienung des Fahrzeugs durch den Fahrer und des daraus resultierenden Fahrzeugverhaltens ausgestattet. Damit ermöglicht das ViewCar Untersuchungen zur Modellierung des Fahrerhaltens sowie zur Akzeptanz und Sicherheit von Assistenzsystemen.

Die Ausstattung des ViewCars erlaubt die zeitsynchrone Messung und Aufzeichnung

- der Blickrichtung des Fahrers,
- des umgebenden Szenarios über bis zu fünf Kameras mit frei wählbarer Blickrichtung sowie einer dem Blick des Fahrers folgenden Telekamera,
- der Position des Fahrzeugs (hochgenaues Ortungssystem, Spurerkennung),
- anderer Objekte im Straßenverkehr über einen Laserscanner,
- der Fahrzeugdaten (Bedienung, Fahrdynamik) und
- physiologischer Daten (Puls, Hautleitwert).

Das ViewCar liefert für die Entwicklung eines kognitiven Modells für das Fahrerhalten die benötigten Daten über das Verhalten verschiedener Fahrer in definierten Szenarien. Hieraus können typische Verhaltensmuster abgeleitet und Defizite erkannt werden. Darüber hinaus trägt es dazu bei, den Unterstützungsbedarf verschiedener Fahrertypen in bestimmten Situationen zu ermitteln sowie die verschiedenen Ausprägungen von Assistenzfunktionen und ihre Wirkung auf den Fahrer zu untersuchen.

Rail Simulation and Testing – RailSiTe

Ziel des Projektes ist es, die Infrastruktur Bahnlabor im DLR aufzubauen. Der Aufbau des Bahnlabors RailSiTe erfolgt in mehreren Stufen. So wurde in der ersten Phase primär die fahrzeugseitige Simulation inklusive der Fahrzeugdynamik und der Sicherungstechnik aufgebaut. Zusätzlich wurde eine erste Simulationsumgebung mit einer stark vereinfachten Streckenseite integriert. In der zweiten Phase wurden dann die bestehenden Module ausgebaut und die streckenseitige Simulation erweitert. Hierzu gehörte neben der Einbindung eines rudimentären Stellwerks auch die Anbindung des simulierten Radio Block Centers (Funkzentrale) für ETCS. Die derzeit implementierte Leit- und Sicherungstechnik im RailSiTe ist ETCS. Des Weiteren erfolgt eine Anbindung an eine realitätsnahe deutsche Stellwerkssimulation eines Drittanbieters und die Visualisierung aus Fahrersicht. Schnittstellen zum CAVE und zum Bewegungssimulator werden ebenfalls im RailSiTe integriert, um die Anbindung der bestehenden Infrastruktur innerhalb von IFS zu ermöglichen. Aufgrund der Modularität und Echtzeitfähigkeit des Labors besteht die Möglichkeit, auch reale Bahnkomponenten in so genannten Hardware-in-the-Loop-Tests in die bestehende Architektur zu integrieren oder weitere Komponenten, wie z. B. ein Führerpult oder einen Bahnübergang, an das RailSiTe anzukoppeln. RailSiTe bietet durch die Nachbildung der vollständigen Kette vom Fahrdienstleiter über alle Komponenten der Leit- und Sicherungstechnik bis hin zum Triebfahrzeugführer eine einzigartige Infrastruktur in Europa und stärkt somit Deutschland im europäischen Wettbewerb und in der wissenschaftlichen Kompetenz.

Betriebliche und technische Interoperabilität

Ziel des Projektes „Betriebliche und technische Interoperabilität“ ist es, die Fragen zu untersuchen, die sich für die Integration der Eisenbahn in Deutschland in ein europäisches Eisenbahnsystem stellen. Dieser Komplex wurde in eine Reihe von Einzelfragen aufgeteilt: die grundsätzliche Einsetzbarkeit von ERTMS/ETCS im Bereich der deutschen Betriebsordnungen, die methodischen Fragen der Sicherheitsuntersuchung und -nachweisführung, die Strategien für Einführung und Einsatz.

Betriebsführung regionaler Bahnen

Ziel des Projektes ist es, einen Überblick über die betrieblichen Anforderungen von regionalen Strecken zu erarbeiten sowie mögliche Betriebsverfahren zu analysieren, Vor- und Nachteile abzuleiten sowie Verbesserungspotenziale zu identifizieren. Als Vorbereitung für spätere Bewer-

tungen der betrieblichen Aspekte ist ein geeignetes Simulationstool zu identifizieren. Dazu wurden in einem ersten Arbeitsschritt die Betriebsführungsbereiche von Eisenbahnunternehmen analysiert und eine Übersicht über die Prozesse der Betriebsführung und ihre Zusammenhänge erstellt. Auf dieser Basis wurde die Steuerung des operativen Betriebs als ein Schwerpunkt für die Erarbeitung neuer Lösungsansätze identifiziert. Hierzu zählt die Optimierung der auf regionalen Strecken eingesetzten Betriebsverfahren und Ausrüstungsvarianten.

Entwicklung eines Phasenmodells für die Migration

Ziel dieses Projektes ist die Entwicklung einer Methodik für die Ablaufgestaltung von Migrationsvorhaben im Bereich der Bahnsysteme. Der Bereich Schienenverkehr ist charakterisiert durch eine Vielzahl heterogener Randbedingungen, bei denen betriebliche, technische sowie wirtschaftliche Aspekte berücksichtigt werden müssen. Diese Struktur macht die Einführung und dauerhafte Integration eines neuen technischen Systems in das vorhandene Umfeld sehr komplex. Daraus leitet sich die Notwendigkeit einer systematischen Vorgehensweise bezüglich des Themenbereichs Migration ab.

Systemverlässlichkeit

Ziel dieses Projekts ist es, die Sicherheitsanforderungen an die elektronischen Systeme einer Regionalstadtbahn zu bestimmen. Dabei wird eine qualitative Unterteilung in sicherheitsrelevante / nicht-sicherheitsrelevante Systeme vorgenommen. Der Hersteller entwickelt derzeit ein neues Schienenfahrzeug, das sowohl auf den Strecken des DB-Netzes als auch auf einem innerstädtischen Straßenbahnnetz fahren soll. Da dies eine Neuentwicklung ist, fordert das Eisenbahnbundesamt bei der Zulassung eine Annäherung an die neuen europäischen CENELEC-Normen. Die darin geforderte Einstufung der Systeme in Sicherheitsanforderungsklassen SIL 0 - 4 wurde zu einer Entscheidung über $SIL > 0$ oder $SIL = 0$, d. h. sicherheitsrelevant oder nicht-sicherheitsrelevant, abgemildert. Die Untersuchung der Fahrzeugsysteme erfolgt auf einer funktionalen Ebene, wobei die einzelnen Systeme als Blackbox, unabhängig von der tatsächlichen Implementierung, betrachtet wurden. Alle Systeme wurden in ihrer Funktionalität auf ihre direkten Auswirkungen auf die Umgebung hin untersucht. Ein weiterer Schwerpunkt war die Analyse der Kommunikation der Systeme untereinander, um auch indirekte Auswirkungen untersuchen zu können.

Status und Nutzungspotenziale von ETCS

Das IFS analysierte im Rahmen des Projektes „Status und Nutzungspotenziale von ETCS“ (Potenziale I) den aktuellen Stand der Implementierung von ETCS bei der Deutschen Bahn AG (DB AG). Dabei wurden die Funktionen identifiziert, die für den Einsatz von ETCS im Bereich der DB AG für verschiedene Anwendungen auf der Basis des erreichten technisch-funktionalen Standes fehlen oder in denen eine Anpassung an die Gegebenheiten erforderlich ist. Es wurde der Handlungsbedarf sowohl für eine inhaltliche Weiterentwicklung als auch für die Einführung in den Betrieb der Deutschen Bahn AG untersucht. Die Gegenüberstellung und Interpretation der unterschiedlichen Dokumente ergab, dass die Anforderungen der Deutschen Bahn AG an das System ETCS bislang nur teilweise durch die technischen Spezifikationen der europäischen Dokumente beschrieben sind. Zusätzlich zu den nicht erfüllten Anforderungen des Rahmenlastenheftes, sind weitere, für den Einsatz von ETCS bei der Deutschen Bahn AG wichtige Handlungsfelder zu identifizieren. Das identifizierte Handlungsfeld „Nutzung von ETCS für den Einsatz auf Regionalstrecken“ wird im Projekt „Potenziale II“ zurzeit für einen Forschungsantrag an das Bundesministerium für Bildung und Forschung formuliert und soll zeitnah eingereicht werden.

UNISIG – Auswahl und Implementierung von Testfällen und Testsequenzen

Ziel des Projektes ist es, im Rahmen von UNISIG, dem Verbund der sechs großen Bahnherstellerfirmen, die Testfälle und Testsequenzen für die TSI (Technischen Spezifikationen für die Interoperabilität) zu erstellen. Auf Basis der Technischen Spezifikation für die Interoperabilität und insbesondere der System Requirements Specification wurden zunächst für alle dort abgebildeten

Funktionen Testfälle erstellt. Diese Testfälle wurden im Anschluss zu Testsequenzen zusammengefasst. Das DLR war an der Erstellung der Testfälle und maßgeblich an der Methodik zur Erzeugung der Testsequenzen und deren Erstellung beteiligt. Zum Einsatz kam hier ein graphentheoretischer Ansatz. Derzeit werden die bestehenden Testfälle und Testsequenzen überarbeitet und in den Laboren von CEDEX und des DLR implementiert. Die Ergebnisse dieses Projektes fließen in den Technischen Anhang der Technischen Spezifikationen für die Interoperabilität ein. Das DLR kann hierdurch einerseits seine Reputation im europäischen Raum im Bereich Bahn aufbauen. Andererseits wird das Bahnlabor im Projekt eingesetzt, um die Lauffähigkeit der Sequenzen zu überprüfen, parallel erfolgt damit auch eine Verifikation des Bahnlabors.

4.1.3 Institut für Verkehrsforschung (IVF, Berlin)

Im Institut für Verkehrsforschung (IVF) existieren umfangreiche Expertisen auf dem Gebiet der Verkehrsdatenerfassung, der Verkehrsmodellierung sowie der Entwicklung von Algorithmen für die Verkehrsprognose und Verkehrssimulation. Darüber hinaus verfügt das Institut über eine umfassende Kompetenz und Erfahrung hinsichtlich der Wirkungsanalyse von Verkehrstechnologien sowie der Analyse von Technikakzeptanz, wodurch die nutzerorientierte Entwicklung und Einführung neuer Telematikdienste wesentlich unterstützt werden kann.

Die interdisziplinäre Struktur des Instituts mit technisch-naturwissenschaftlichen wie auch sozialwissenschaftlichen Schwerpunkten bietet damit eine gute Basis für die Entwicklung und Beurteilung wesentlicher Schnittstellen zwischen Technik und Anwendung.

Konkrete Projekte befassen sich bereits mit verschiedenen Verfahren zur Datengenerierung sowie Datenverwertung und haben dabei einen starken Bezug zu einer Reihe von GALILEO-Themen:

Floating Car Data (FCD):

Bei der Verkehrsdatenerfassung stehen Fernerkundungsverfahren und FCD-Verfahren im Vordergrund. Letztere sind über Jahre hinweg bereits weit fortgeschritten und haben zahlreiche Partnerschaften und Projekte zur Folge. Eine Weiterentwicklung mittels GALILEO-Technologien ist hier besonders sinnvoll, wenn man davon ausgeht, dass zukünftig eine immer größere Marktdurchdringung an telematischen Endgeräten in Fahrzeugen sowie für den portablen Betrieb zu erwarten ist. Dabei werden mehr und mehr Fahrzeuge mit satellitenunterstützten Ortungssystemen für die verschiedensten Anwendungen ausgestattet sein, die dann natürlich den Empfang von GALILEO-Daten mit einschließen und deren höhere Genauigkeit, Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit nutzen.

Selbst für den portablen Bereich sind bald Endgeräte zu erwarten, die Mobilkommunikations-, GALILEO-gestützte Ortungs- und Informationsfunktionen mit hoher Leistungsfähigkeit beinhalten, wie heute schon einige PDAs. Bei größerer Akzeptanz solcher System durch noch bessere und kleinere Bauteile wird es auch zu einer sprunghafte Zunahme von Endgeräten und Diensten kommen, an denen sich dann die Erhebung von multimodalen und lückenlosen Reise- und Verkehrsdaten optimal anschließen lässt.

Aus den bisherigen am IVF aufgelaufenen FC-Daten, die z. T. über mehrere Jahre vom Berliner Stadtgebiet gesammelt wurden, konnten durch erste mathematische Ansätze bereits erstaunlich genaue Kartendaten generiert werden. Das Thema FCD wird im IVF zukünftig eine immer größere Rolle spielen gerade im Hinblick auf die sich abzeichnenden neuen Aus- und Verwertungsmöglichkeiten solcher Daten, die durch GALILEO noch zuverlässiger und genauer werden.

PDA-basiertes Reisetagebuch:

Zurzeit wird als Erhebungsinstrument für die Verkehrsforschung ein PDA-gestütztes Reisetagebuch (Software) entwickelt, mit dessen Hilfe Reisende Informationen über Art, Grund, Verkehrsmittel, Ausgangs- und Endpunkt ihrer Reise abgeben können. Diese Daten sollen zur Bewertung von Reiseverhalten ausgewertet werden. Zur Unterstützung werden zusätzlich auch Standortinformationen abgespeichert, die von GPS-Empfängern oder GSM-Zellendaten kommen. Damit lassen sich prinzipiell flächendeckende multimodale Verkehrsdaten durch im Verkehrsnetz reisende Einzelpersonen generieren (*Floating Traveller Data, FTD*). Durch die spätere Verwendung von GALILEO-Technologien mit weiteren lokalen Ortungs- und Mobilkommunikationstechnologien in portablen Endgeräten (PDAs, Handys, etc.) sind leistungsfähige Verfahren zur bisher nicht vorhandenen intermodalen Verkehrsdatenerfassung und Fahrgastzählung realisierbar, die andere Verkehrsdaten optimal ergänzen und eine völlig neue Qualität in der Verkehrsprognose ermöglichen werden.

Traffic Tower:

Zusätzlich zu FCD können im Rahmen des Projektes *Traffic Tower* unterschiedliche stationäre Verkehrsdatenquellen genutzt und die Daten veredelt werden. Die aufbereiteten Daten können (und werden z. T. auch schon) in Flottenmanagement- und Routing-Systeme implementiert, um einen Mehrwert zu generieren. Zukünftig können hier auch anderweitig erhobene Daten auflaufen, etwa die durch GALILEO-gestützte Personen- oder Fahrzeugortungssysteme, deren Anwendungen die Datenerhebung wie auch die Darstellung von aufbereiteten Reise- und Verkehrsdaten beinhalten können. Darüber hinaus können die im Traffic Tower verarbeiteten Daten schließlich auch noch zu Simulations- und Schulungszwecke herangezogen werden.

Ergänzend zum Traffic Tower wird ein neben dem IVF befindlicher öffentlicher Straßenabschnitt mit Verkehrserfassungssensoren als Mess-Strecke ausgerüstet. Dieser Straßenabschnitt kann darüber hinaus mit Ortungs- und Nahbereichs-Kommunikationskomponenten ausgestattet werden. Hierdurch ließe sich für zukünftige GALILEO-spezifische Anwendungsentwicklungen eine ideale Testumgebung generieren, die auch als Anwendungsdemonstrator, etwa für lokale GNSS-Ortungskomponenten (LCs), genutzt werden könnte.

Mikroskopische Simulation der Wirtschaft und der Güterverkehrsnachfrage (WiVSim):

Ein besseres Verkehrsmanagement, verknüpft mit dem Wunsch, das Verkehrsaufkommen vorherzusagen und bezogen auf weniger Verkehrsstörungen positiv beeinflussen zu können, ist das Ziel im Projekt zur Entwicklung eines gekoppelten Wirtschafts- und Güterverkehrsmodells.

Aufgrund der dynamischen Entwicklung des Güterverkehrs in den letzten Jahren verfolgt das Projekt einen neuen, mikroskopischen Modellierungsansatz für die Simulation der Wirtschaft, um zunächst die Güterverkehrsnachfrage in Deutschland auf der Basis vorhandener und selbst erhobener Daten darzustellen. Nach erfolgreichem Abschluss dieses ersten Schrittes ist eine Ausdehnung dieses Ansatzes auf den Personenwirtschaftsverkehr vorgesehen.

Die Anwendung im Rahmen des Verkehrsmanagements soll nach der Validierung des Modells mit dem Ziel erfolgen, dass Auswirkungen sich verändernder Rahmenbedingungen und verbesserte Transport- und Logistikkonzepte (z. B. durch Nutzung neuer GALILEO-basierter Telematikanwendungen im Güterverkehr) auf das Güterverkehrsaufkommen und Fahrzeugströme ermittelt und bewertet werden können.

4.2 Spezifische Forschungs- und Entwicklungsfelder

Die Ableitung spezifischer F&E-Felder basiert einerseits auf den im DLR bündelbaren Expertisen und andererseits auf einem abgeleiteten Forschungsbedarf, der sich aus einer Betrachtung der in der Entwicklung befindlichen oder am ITS-Markt etablierten Komponenten und Systeme im Verkehr (z. B. für Navigation, Flottenmanagement oder ETC) ergibt.

Unter Abbildung 1 ist dazu ein mit Blick auf IKN-Themen entworfener Ansatz für institutsübergreifende Arbeiten dargestellt.

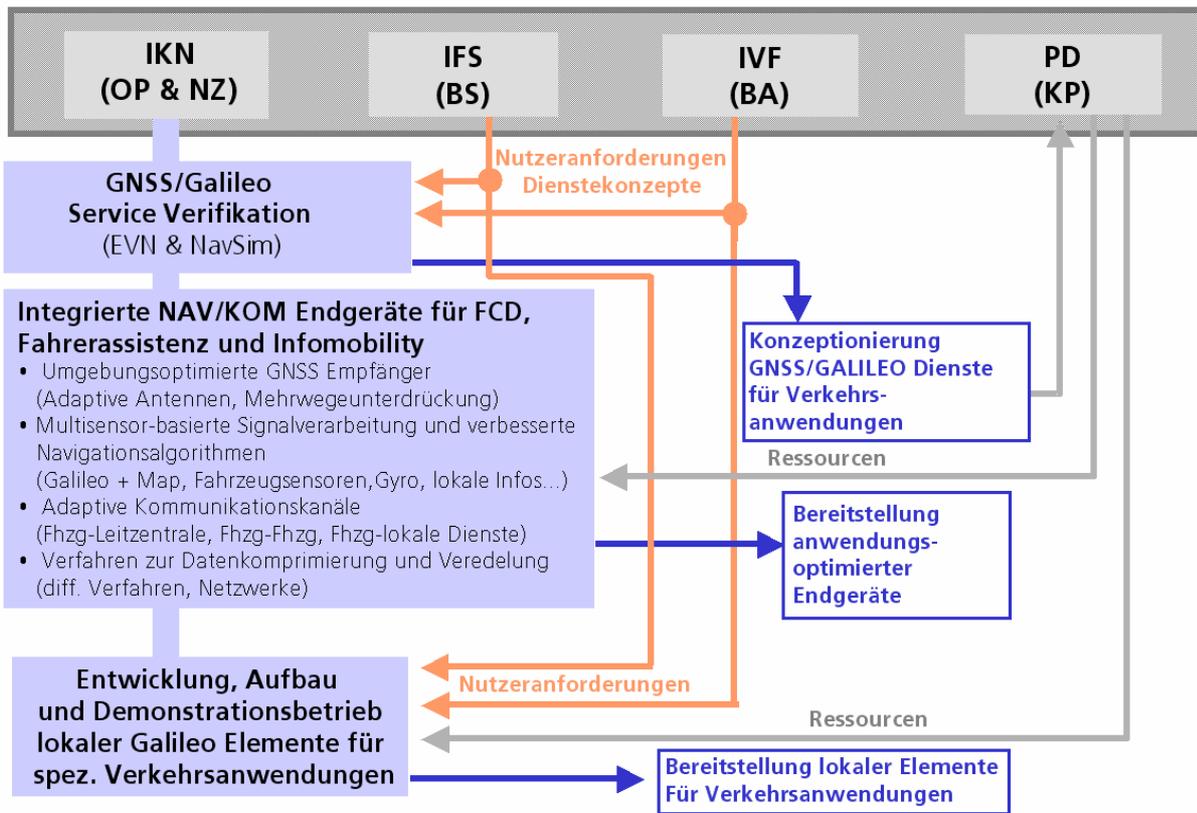


Abbildung 1: Verknüpfung institutsübergreifender Verkehrsthemen im Bereich GALILEO aus Sicht des IKN

Neben der Substitution von GPS durch GALILEO bzw. der gemeinsamen Nutzung beider Navigationssysteme ergibt sich das Innovationspotenzial bereits in der frühzeitigen Integration verschiedenster Technologien und Sensoren in intelligente Nav/Kom-Endgeräte. Diese stellen die Basiskomponenten jeglicher Verkehrsapplikationen dar und sollten in Hinblick auf die spezielle Anwendung bezüglich ihrer Performance und der erforderlichen Interaktionen mit lokalen Service-Providern optimiert sein. Dies bedeutet, dass in Endgeräten der neuen Generation zumindest auf der Ebene der Daten, jedoch zunehmend auch bereits auf Signalebene, Daten unterschiedlicher Quellen fusioniert werden. Dem zugeordnete Entwicklungen werden als ein äußerst wichtiges Thema für das Institut für Kommunikation und Navigation, in enger Kooperation mit dem Institut für Verkehrsführung und Fahrzeugsteuerung, angesehen.

Um bereits in der Phase der Konzeptentwicklung von Verkehrsanwendungen die optimale Integration von GALILEO zu erreichen und geeignete Prototypen von Endgeräten zu validieren, kann auf das GNSS-Softwaresimulationssystem NavSim und das ab 2005 verfügbare Experimentelle Verifikationsnetzwerk (EVN) des IKN zurückgegriffen werden (siehe dazu Kapitel 4.1.1).

Ein weiteres Arbeitsgebiet ergibt sich aus dem Bedarf an lokalen Elementen für hochpräzise und/oder sicherheitskritische Anwendungen im Verkehr. Basierend auf dem EVN und der Expertise bezüglich GNSS-Datenverarbeitung in den Bereichen Positions- und Zeitbestimmung, Systemüberwachung und Bereitstellung von Ergänzungs- sowie Korrekturinformationen ist das IKN zur Bearbeitung dieses Themenkomplexes prädestiniert.

Vor diesem Hintergrund konnte das verkehrsrelevante Themenfeld „Alarm, Zielführung und Rettung“ (Alert, Search and Rescue – ASAR) identifiziert werden, welches eine Erweiterung des bisherigen SAR-Konzepts darstellt. Das Themenfeld beinhaltet nicht nur Forschungsfelder hinsichtlich der Weiterleitung von Notfallmeldungen, sondern darüber hinaus die nach Art und Umfang der Notsituation differenzierte und koordinierte Zielführung von Rettungskräften sowie die Einleitung und Koordination zusätzlicher unterstützender Maßnahmen im Verkehr. Das Themenfeld wird dabei in seiner Breite gänzlich von den verschiedenen Kompetenzen der jeweiligen Verkehrsinstitute IKN, IVF und IFS abgedeckt. Insbesondere aufgrund dieser Tatsache hat das DLR einen Projektvorschlag zu diesem Themenfeld z. B. als Antwort auf den 2. GJU GALILEO Call eingereicht. Der Projektvorschlag knüpft dabei u. a. an die Themenkomplexe Alert, Search and Rescue an.

Alert

Das bisherige Konzept des GALILEO-SAR-Dienstes beschränkt sich wie oben skizziert auf die Weiterleitung von Notfallmeldungen, die mit speziellen Geräten (EPIRB, ELT, PLB) im Frequenzbereich von 406 MHz abgesetzt werden. Wünschenswert wäre aber eine universell verwendbare Technologie zur Alarmierung von Rettungsdiensten, die auch bei Notfällen im landmobilen, oberflächennahen Verkehr optimal eingesetzt werden kann. Hier bietet sich insbesondere eine Lösung an, die in Mobiltelefone integriert werden kann, da diese eine sehr viel weitere Verbreitung haben als spezielle Notsender. Ein wichtiger Schritt in diese Richtung ist die Nutzung eines anderen Frequenzbereichs zur Aussendung des Notsignals an den Satelliten, da der Bereich von 406 MHz nicht optimal für die in Mobiltelefonen typischerweise vorhandenen HF-Frontends ist, die bei 900 MHz/1800 MHz (GSM), 1900 MHz (IS95) und 1950 MHz (UMTS) liegen. Die Nutzung einer Frequenz „in der Nähe“ dieser vorwiegend für Mobiltelefonie genutzten Frequenzen zur Sendung einer „Distress Message“ (Alarm) hätte zur Folge, dass die Integration einer Notsender-Funktion in ein mit GALILEO Navigationschip ausgestattetes Mobiltelefon deutlich erleichtert würde, da wesentliche Komponenten des Gerätes wiederverwendet werden könnten. Auf diese Weise kann der SAR-Uplink von GALILEO genutzt werden, soweit kein anderes Medium vorhanden ist. Bei der Integration in ein Mobilfunk-Gerät kann dadurch je nach Verfügbarkeit das jeweilige Mobilfunknetz oder der SAR-Uplink zum Absetzen des Alarms verwendet werden. Hierdurch würde ein globales Notfallmeldesystem entstehen, welches in Gebieten mit gut ausgebauter terrestrischer Infrastruktur (z. B. urbane Bereiche) wie auch in weniger gut ausgebauten Gebieten (z. B. maritimer Bereich, Wüsten) mit einer sehr großen Zahl von Notfallmeldeeinrichtungen verfügbar wäre. Hier können auch Erfahrungen einfließen, die das DLR bei der Konzeptionierung des Inmarsat-E-Systems gewinnen konnte, welches alternativ zu COSPAS-SARSAT verwendet werden kann und auf 1645 MHz arbeitet.

Über das Absetzen einer Notfallmeldung mit Positionsinformationen hinaus wird ebenfalls eine deutliche Erweiterung des Informationsgehalts der Notfallmeldungen angestrebt. So sollen Art (z. B. Verkehrsunfall, Taxi-Überfall, Zugentkopplung etc.) und nähere Umstände (z. B. Anzahl der gefährdeten Personen, austretende Gefahrenstoffe, gewünschte Unterstützungsleistung etc.) des Notfalls direkt mit der Notfallnachricht übermittelbar sein, sofern diese Informationen zur Verfügung stehen. Dafür soll u. a. eine Schnittstelle geschaffen werden, um verschiedene Sensoren bzw. durch lokale Intelligenz fusionierte Daten mit einer Notfallmeldeeinrichtung zu koppeln. Ebenfalls soll untersucht werden, in wie weit präventive Alarmer (z. B. Ladung droht wegen Temperaturanstiegs zu explodieren, Kühlkette wurde unterbrochen etc.) in das Gesamtkonzept integriert werden können. Notrufe, die über GALILEO oder über Mobilfunk eingehen, müssen auf ihren Inhalt hin vorselektiert und klassifiziert werden. Dazu wird eine Software entwickelt, die die zuvor definierten Datenformate und Protokolle heranzieht, um die übertragenen Informationen auszuwerten. Aus Art und Ort des Notfalls sowie aus weiteren Daten werden Meldungen in aufbereiteter Form an die jeweils zuständigen Einsatzzentralen der jeweils erforderlichen und örtlich verfügbaren Rettungskräfte weitergeleitet.

Da es sich bei Notfallmeldungen und deren Bestätigungen auf dem Rückweg um klassisches Store-and-Forward-Messaging handelt, bietet es sich an zu untersuchen, in wie weit zur GALILEO-SAR-Alarmierung grundsätzlich ein „narrowband messaging“-Verfahren eingesetzt werden könnte, ähnlich eines globalen SMS-Dienstes, wie er von GSM-Netzen her bekannt ist. Das würde bedeuten, dass man die Vor- und Nachteile eines solchen Verfahrens gegenüber existierenden, satellitenbasierten oder terrestrischen Lösungen aufzeigen und das entsprechende Proof-of-Concept vorantreiben sollte. Hier besteht entsprechender Forschungsbedarf bezüglich klassischer Aspekte der Kommunikationssysteme wie Modulation, Kanalkodierung, Mehrfachzugriff und insbesondere Kapazitätsbetrachtungen. Durch einen allgemeinen, globalen, schmalbandigen Nachrichtenübertragungsdienst würden insbesondere alle Verkehrsanwendungen profitieren, die aufgrund schlecht ausgebauter oder nicht (mehr) vorhandener Infrastrukturen nicht auf terrestrische Übertragungskanäle zurückgreifen können. Letzteres ist vor allem bei der Kommunikation in Katastrophengebieten ein schwerwiegendes Problem. Das „narrowband messaging“-Verfahren wird im Rahmen eines komplementären Projekts erarbeitet, zu welchem die DLR-Institute KN und VF zusammen mit dem Unternehmen EADS ein Proposal für den 2. GJU Call 2418 eingereicht haben [11].

Search

An das im Themenkomplex „Alert“ erarbeitete Verfahren zur Alarmierung von Rettungskräften schließt sich der Themenkomplex „Search“ nahtlos an. Hier wird die nach Art des Notfalls differenzierte und koordinierte Einleitung der Rettungsmaßnahmen adressiert, die in der Regel zunächst ein möglichst schnelles Heranführen von Rettungskräften an den Ort des Notfalls bedeutet. Hierbei ist die schnelle und zuverlässige Ortung des den Notfall meldenden Gerätes von entscheidender Bedeutung und hat u. a. den Gesetzgeber veranlasst, entsprechende Grenzwerte gesetzlich festzuschreiben [9]. Im Fall der hier avisierten Nutzung von Mobiltelefonen mit integriertem GNSS-Chip wird die aktive endgeräteseitige Positionsermittlung bei Sichtbarkeit der GNSS-Satelliten naheliegenderweise sehr einfach und kann darüber hinaus durch passive Ortung sowie andere Ortungsverfahren (z. B. im Indoor-Bereich) ergänzt werden.

Für die jeweils notfallabhängig alarmierten Rettungskräfte ist es wichtig zu wissen, welches die schnellste Route zum Notfallort ist und welches die dort zu ergreifenden Maßnahmen sein werden. Dazu können aus aktuellen Verkehrsinformationen und aus dem spezifischen Bewegungsverhalten der Einsatzkräfte (Art, Größe, Gewicht und Umfang der Rettungskräfte, nutzbare Verkehrswege, Nutzung der Sonderrechte etc.) optimale Anfahrtswege bestimmt werden. Dies beinhaltet auch eine intermodale, koordinierte Zielführung (Luftweg, Schiene, Maritim, Straße, Indoor). Ferner werden aus speziell erstellten GIS-Datenbanken mögliche Zufahrtswege oder Einfahrten herausgesucht und in die Zielführung integriert sowie örtliche Besonderheiten den Einsatzkräften mitgeteilt. Schließlich ist eine gegenüber heute üblichen Verhältnissen deutlich verbesserte Navigation und Zielführung der Rettungskräfte möglich, wenn die Optionen zur Verkehrsbeeinflussung (z. B. priorisierte Ampelschaltungen, unidirektionale Nutzung von Tunnel, Spurreiservierung als Rettungsgasse) weiter ausgebaut werden. Auch hier liegt entsprechendes Know How im DLR vor, welches im Rahmen dieser Forschungsaktivität vertieft werden soll.

In diesem Zusammenhang soll zudem untersucht werden, in wie weit andere Informations- und Kommunikationstechnologien (ICT) adaptiert werden können, um die Zielführung von Rettungskräften zu unterstützen (z. B. Aufruf per RDS-TMC an alle Kfz einer Autobahn, eine Rettungsgasse zu bilden u. ä.)

Neben der Frage der Ortung spielt hier die Kommunikation eine erhebliche Rolle, um die Rettungskräfte zu koordinieren. Daher sind Forschungsarbeiten zum „Disaster Management“ von elementarer Bedeutung. Bei diesen geht es z. B. darum, nach einer Naturkatastrophe oder nach kriegerischen Auseinandersetzungen und trotz zum Teil oder gänzlich zerstörter terrestrischer Kommunikationsinfrastrukturen die Suche nach Verletzten und andere Aufgaben der Rettungskräfte durch Ad-hoc-Kommunikationsinfrastrukturen zu unterstützen [13].

Rescue

Auf der Basis der genauen Position des Notrufs können im Rahmen eines durchgängigen Systems weitere Vorteile generiert werden. Die Alarmierung des räumlich nächsten Rettungsdienstes kann unmittelbar erfolgen. Ebenso kann, unter der Voraussetzung, dass die Art des Notfalls mitgeteilt wird, ein der Situation angepasster Rettungsplan aktiviert werden (z. B. Hubschrauber im Falle eines Herzinfarktes, spezielle Fahrzeuge bei Gefahrgutunfall, etc.).

Zur späteren Einflussnahme auf den laufenden Verkehr im Not- oder Katastrophenfall soll eine Verkehrsmanagement-Strategie entwickelt werden, die auf bisherigen Erkenntnissen und Forschungsergebnissen am IVF aufbaut. Dazu zählen im einzelnen Maßnahmen wie Umleitungen, Einschränkungen auf bestimmte Verkehrswege oder Fahrspuren. Bei Katastrophenlagen sind das großräumige Absperrungen, die Einbeziehung von noch nutzbaren Infrastrukturen sowie die Zuordnung dieser Infrastrukturen zu den jeweils notwendigen Verkehrsbewegungen (Hinführen von Rettungskräften, Evakuierungen, rangfolgeabhängige Rettung von Menschen, Tieren, Gütern und Sachwerten).

Auf Fernerkundung aufbauende Algorithmen helfen gerade in Katastrophengebieten, schnell eine kompetente Einschätzung der Lage auf unterschiedlichen Granularitätsebenen gewinnen zu können. Die laufenden Forschungsaktivitäten im DLR zur Erfassung von Verkehrsdaten durch Fernerkundungstechnologien wie auch durch sich mitbewegende Verkehrsteilnehmer (GALILEO-basierte Floating Car Data) sollen für die Anwendung auf notfall- oder katastrophengebundene Verkehrssituationen zusammengeführt und optimiert werden, um die für die Zielführung und für ein erforderliches Notfall- bzw. Katastrophen-Verkehrsmanagement erforderlichen Datengrundlagen bereitzustellen. Dabei soll ein Instrument zur Darstellung eines aktuellen Gesamtlagebilds wie auch zur Detailanalyse einzelner kleiner Bereiche entstehen, die zur weiteren Entscheidung für die Lenkung von Verkehrsströmen und Einsatzkräften erforderlich sind. Hierzu zählt auch die permanente Identifizierung von noch nutzbaren Verkehrswegen und Infrastrukturen.

Zur Prognose einer sich entwickelnden Verkehrssituation und zur Verifikation eigener Verkehrsmanagement-Maßnahmen sowie -Strategien soll eine Modellbildung des Verkehrsablaufs unter den betrachteten Ausnahmbedingungen erfolgen, bei denen es bekanntermaßen zu plötzlichen Störungen, Verschiebungen oder Anhäufungen von Verkehr kommen kann. Dieser komplexe Prozess soll durch geeignete mathematische und numerische Verfahren nachgebildet und in ein Software-Tool umgesetzt werden, um auch im Vorfeld solcher Ereignisse die Auswirkung unterschiedlicher Maßnahmen zu untersuchen und deren Wirksamkeit testen bzw. verifizieren zu können. Darin enthalten ist auch eine Prognosemöglichkeit für die weitere Entwicklung (z. B. Einfluss auf die Verkehrssituation durch entstehende Staus, Schaulustige, Flüchtlinge, Rettungskräfte etc.). Weiterhin können Daten aus der laufenden Verkehrsdaterfassung zur Modellbildung herangezogen werden, um damit Optimierungspotenziale zu erkennen und die Verfahren weiterzuentwickeln. Hierbei werden Teillösungen von aktuellen Projekten im DLR eingebracht. Es ist geplant, das Ergebnis im derzeit neu entstehenden *Traffic Tower* (virtuelle Verkehrsmanagementzentrale) des IVF zu implementieren, wo auch die vorbereitende Ausbildung und das Training von Mitarbeitern von Einsatz- und Verkehrsmanagementzentralen erfolgen können. Damit entsteht außerhalb realer Not- oder Katastrophensituationen bereits die Möglichkeit, Situationen nicht nur zu simulieren und zu verifizieren, sondern insbesondere Fachpersonal auf diese Situationen oder Ereignisse vorzubereiten.

Spezifischer F&E-Bedarf für das DLR:

IKN:

- Kommunikationstechnologien für SAR-Kanal und SAR-Anwendungen,
- Abdeckungs- und Kapazitätsuntersuchungen der verschiedenen Kommunikationswege im Vergleich zur bisherigen Anzahl von Notrufen,

- Datenformate, Protokolle und Inhalte (offen und erweiterungsfähig für möglichst viele Anwendungen bzw. Notfalldaten), siehe auch IVF,
- Integration weiterer Ortungsverfahren,
- Kanalvermessungen,
- Ad-hoc Anwendungen,
- Entwicklung von Notfallmelde-Konzepten, Sensorik und Datenfusion sowie
- Geo-Notes.

IVF:

- optimierte Routensuche auf Basis der aktuellen Verkehrslage,
- Entwicklung von Verkehrsmodellen für Such- und Rettungskräfte,
- Simulation verschiedener Strategien auf Basis der entwickelten Modelle sowie
- Erstellung möglicher Betriebsszenarien und Betriebskonzepte: Alarmketten, Übertragungskanäle, Adressaten der Alarmmeldung, Auswahl der Rettungsmittel, usw.

IFS:

Einführungs- und Einsatzstrategien in Kombination mit weiteren Systemen.

4.2.2 Fahrerunterstützung (ADAS)

Eines der wichtigen europäischen Leitthemen insbesondere im Zusammenhang mit GALILEO ist die Fahrerunterstützung (Advanced Driver Assistance Systems ADAS). Einerseits können mit Hilfe der Satellitenortung die Verkehrswege erfasst und geografisch sehr genau referenziert werden. Diese Informationen dienen als digitale Kartendaten dann nicht nur der Routenführung und Navigation, sondern bei entsprechender Genauigkeit und Attributierung auch der Unterstützung des Fahrers unter sicherheitsrelevanten Aspekten. Andererseits kann die fahrzeugseitige Kenntnis über Position und aktuellen Bewegungszustand eines jeweiligen Fahrzeuges die Fahrentscheidungen unterstützen.

Ein neues Forschungsfeld zu diesem Thema wäre hier die hochgenaue relative Ortung von Verkehrsteilnehmern untereinander (ähnlich Radarprinzip), wobei jeder Teilnehmer eine Abbildung seiner Umgebung mit den darin enthaltenen anderen Verkehrsteilnehmern erzeugt und als Grundlage für eigene (sichere) Fahrentscheidungen heranzieht. Mit der bisherigen Standardgenauigkeit von GPS werden solche Prinzipien derzeit schon in der Luft- und Seefahrt eingeführt und dienen u. a. der Kollisionsvermeidung (z. B. Automatic Identification System – Maritimes AIS). Bei höherer Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Ortungsergebnisse lassen sich solche Prinzipien auch im engraumigen Straßenverkehr zur hochgenauen Fahrerunterstützung und -warnung verwenden (Abstandswarnung, Stauende-Erkennung, Kurvenwarnung, Spurführungshilfe, usw.). Hier besteht noch ein erheblicher Forschungs- und Entwicklungsbedarf.

Ein wichtiger Punkt bei der Entwicklung intelligenter Fahrerassistenzsysteme ist die Bereitstellung einer verzögerungsarmen lokalen Kommunikationsinfrastruktur, die schnell und sicher die notwendigen Übertragungskapazitäten zwischen Fahrzeugen (car-to-car) oder Fahrzeugen und der Infrastruktur bereitstellt sowie die erforderlichen Eigenschaften (Robustheit, schnelle Akquisition etc.) garantiert. Aus kommunikationstechnologischer Sicht ist insbesondere das optimale Zugriffsverfahren zu untersuchen und auszuwählen. Hiermit ist gemeint, dass trotz einer hohen Dichte an Fahrzeugen in einer Region die einzelnen Nachrichten störungsfrei ausgetauscht werden können und sich nicht gegenseitig überlagern. Eine Möglichkeit besteht darin, jedem Fahrzeug ein vordefiniertes Zeitfenster zur Nachrichtenübermittlung (Slot) zuzuweisen, welches über GALILEO ortsspezifisch und hochgenau koordiniert wird. Ferner sind geeignete Modulationsverfahren und Paket- bzw. Rahmenstrukturen auszuwählen, die vor allem eine rapide

Akquisitionsfähigkeit ermöglichen. Zur Auswahl stehende Frequenzbereiche und Synchronisationsverfahren (Zeit, Frequenz, Phase) sind zu analysieren.

Dazu wird die Möglichkeit gesehen, aufbauend auf dem Ansatz des gleichzeitigen Empfanges von GALILEO Range- und Phasenmessung mehrerer Fahrzeuge in einem definierten Bereich, diese Technologie zur hochgenauen relativen Entfernungsmessung zwischen den Fahrzeugen einer begrenzten Umgebung zu nutzen. Auf der Basis dieser hochgenauen relativen Entfernungsmessungen kann mittels geeigneter Algorithmen und Verkehrsmodelle in jedem beteiligten Fahrzeug ein Abbild seiner Umgebung generiert werden, das nicht nur andere Fahrzeuge, deren Bewegungszustand und Abstand enthält, sondern zum Teil auch eine Abbildung der Straßen- bzw. Schienenstrecke liefert (u. a. Fahrspurenverlauf und deren Belegung durch andere Fahrzeuge).

Wenn es gelingt, diese Umgebungsabbildung hinreichend exakt und aussagekräftig zu erzeugen, kann ein sehr genaues, zuverlässiges und gleichzeitig preiswertes Hilfsmittel für zukünftige Fahrzeugsysteme mit einem weltweit nutzbaren Mehrwert entstehen. Bislang werden in verschiedenen Verkehrsbereichen für solche Aufgaben prinzipiell Radarsysteme mit hohem Aufwand und begrenzter Genauigkeit genutzt (z. B. Luftraumüberwachung, Schiffsradar, Fahrzeugabstandsradar). Radar kann aber gerade im engeräumigen Straßenverkehr nur einen sehr eingeschränkten Überblick über die unmittelbare Fahrzeugumgebung in der jeweiligen Antennenrichtung bis maximal zum nächsten Radarhindernis liefern (z. B. nur bis zum vorausfahrenden Fahrzeug). Ein Blick darüber hinaus ist nicht möglich. Informationen, die präzise Ortungs- und Bewegungsdaten von Fahrzeugen einer größeren Umgebung über eine ad-hoc Funkverbindung austauschen, gestatten weitaus mehr Rückschlüsse und eine bessere Situationsübersicht.

Die dazu notwendigen Daten können gerade mit GALILEO im Vergleich zu GPS erheblich besser erzeugt werden, da GALILEO durch seine Signalstruktur eine höhere Grundgenauigkeit hat, eine Mehrfrequenznutzung bereits im kostenlosen *Open Service* möglich ist und GALILEO darüber hinaus bei Bedarf auch (kostenpflichtige) Gewährleistungen übernimmt, die bei sicherheitskritischen Anwendungen wichtig sind.

Spezifischer F&E-Bedarf für das DLR:

IKN:

- GNSS-Empfängertechnologie mit Laufzeit-/Phasenauswertung der Mehrfrequenzsignale und Mehrwegeunterdrückung,
- GNSS-Antennentechnologie für mobile Präzisionsmessung,
- Kurzstrecken-Fahrzeug-Fahrzeug-Kommunikation (Ad-hoc-Netze), insbesondere Spezifikation eines robusten und zuverlässigen Verfahrens zur zeitnahen Benachrichtigung der Verkehrsteilnehmer in der Umgebung eines besonderen Ereignisses wie beispielsweise eines Unfalls oder dem nachfolgenden Verkehr am Stauende.

IVF:

- Modellierung des Verkehrsverhaltens auf bestimmten Streckentypen (z. B. Autobahn),
- fahrzeugseitige Auswertung und Vergleich der empfangenen Daten mit den eigenen Messwerten (relative Standortbestimmung der Fahrzeuge einer bestimmten Umgebung),
- Erzeugung einer hochgenauen virtuellen Umgebungsabbildung zur Fahrerunterstützung (Geschwindigkeits-/Bremsempfehlung, Abstandswarnung, Stauende-Erkennung, Überholhilfe, Spurführungshilfe etc.) einschließlich dynamischer Prognose der kurzfristigen Zukunftssituation und rechtzeitiger Erkennung von entstehenden Gefahrensituation durch eine komplexe Modellbildung des mikroskopischen Verkehrsgeschehens.

IFS:

- Identifizierung des Anwendungspotenzials im Straßen- und Schienenverkehr,
- Modellierung von Fahrer- und Fahrzeugverhalten,
- Definition von typischen Gefahrensituationen, Wahrnehmungsdefiziten und notwendigen Fahrerinformationen,
- Betrachtung der Einführungs- und Migrationsstrategie,
- Sicherheits- und Verlässlichkeitsbetrachtung in Bezug auf die Anwendung.

Alle (ggf. mit externen Partnern):

- Vorbereitung und Durchführung von Versuchen und Tests (Demonstratoren),
- Vorbereitung für die Entwicklung eines hoch integrierten und preiswerten Fahrerunterstützungssystems für den Massenmarkt bestehend aus GNSS-Empfänger, Kurzstreckendatenfunktinheit, Prozessor, Auswertungssoftware und Ausgabeeinheit an den Fahrer (z. B. Warnsignal).

Solch ein Projektansatz hätte für das DLR einen institutsübergreifenden und integrierenden Charakter, da das vorhandene breite Know-how auf den verschiedenen Fachgebieten optimal für ein interdisziplinäres Vorhaben kombiniert genutzt werden könnte (Fahrerassistenz, Fahrzeugverhalten, Verkehrsmodellierung, Floating Car Data Technologie, GNSS-Signalsimulation, -empfang und -auswertung, Ortungsalgorithmen, Antennenentwicklung, fahrzeugseitige Sensorfusion und Messwertkombination). Damit hätte das DLR auch ein Alleinstellungsmerkmal auf dem Forschungs- und Technologiemarkt gegenüber anderen Einrichtungen mit stärkerer inhaltlicher Fokussierung. Dieses Thema kann daher als längerfristiges DLR-Forschungsthema für die beteiligten Institute gesehen werden.

4.2.3 Steuerung, Sicherung und Unfallvermeidung

Es handelt sich hierbei um spezielle Anwendungen im Bereich hochgenauer Navigation, die eine hohe Systemintegrität (Genauigkeit und Zuverlässigkeit) erfordern.

- Berücksichtigung von Effekten höherer Ordnung (Vermeidung von damit im Zusammenhang stehenden Fehlern im cm-Bereich),
- Einsatz experimenteller Netzwerke im Rahmen der Einbindung lokaler und regionaler Komponenten als Ergänzungssysteme zur Bewertung der Systemintegrität von GALILEO im Rahmen einer vom Systembetreiber unabhängigen Verifikation des Systems, hierdurch ergibt sich eine Verbesserung der Systemintegrität in ausgewählten Regionen und Gebieten,
- Systemintegration im Sinne der Kopplung verschiedenster Methoden der Positionsbestimmung einschließlich Sensorfusionierung (u. a. [2], DLR-Patent).

Die Automatisierung des Eisenbahnverkehrs mit Hilfe von GALILEO umfasst typischerweise sicherheitsrelevante Anwendungen, wie z. B. die sichere Abstandshaltung, Warnung am Bahnsteig oder sichere Zugnummernmeldung. Auch die Implementierung einer automatischen Disposition im Bereich fahrplanorientierter Verkehrsmittel ist eine mögliche Aufgabe. Die Steuerung des Straßenverkehrs ist ebenfalls denkbar. Hier bieten sich die Aufgabengebiete der sicheren Abstandshaltung und sicheren Spurführung als Anwendungsbeispiel des oben beschriebenen ADAS-Konzeptes.

Spezifischer F&E-Bedarf für das DLR:

IKN:

- GNSS-Empfängertechnologie,
- Gezielte Störungsausblendung, z. B. durch Beam-forming Antennen,
- Untersuchungen zum Nachweis der erforderlichen Verlässlichkeit,

- Einfluss von Effekten höherer Ordnung auf die Navigationsperformance,
- Sensorfusion.

IVF:

- Modellierung des Verkehrsverhaltens.

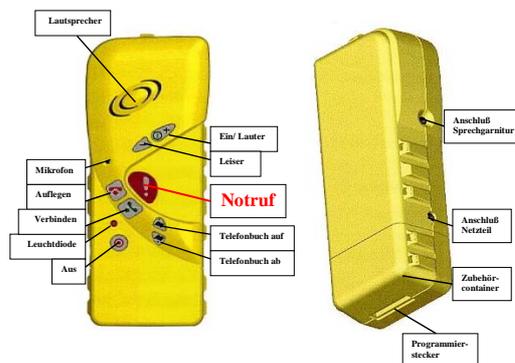
IFS:

- Systemkonzept,
- Untersuchungen zum Nachweis der Verlässlichkeit.

4.2.4 Intra- und intermodale Überwachung von Gefahrguttransporten

Das Monitoring und die (Remote-) Steuerung von Gefahrguttransporten auf Straße und Schiene ist ein Anwendungsgebiet der Telematik, das sich heute bereits in der Bearbeitung befindet. Hierbei ist zu beachten, dass ein Gefahrguttransport sowohl unspezifische Alarme aussenden kann, als auch in der Lage ist, die gefährdende Über- oder Unterschreitung von definierten Grenzwerten mitsamt den dazugehörigen Reaktionsanfragen auszusenden.

Im Sinne der Durchführung von Demonstrationsvorhaben könnte hier in adaptierter Form der im IKN entwickelte Prototyp eines automatischen Notrufhandys „E-Kit“ zur Lokalisierung der Transporte und zum automatischen Auslösen von Notrufen zum Einsatz kommen. Dies kann insbesondere auch Bestandteil bzw. eine Ergänzung des o. g. Alarm-Systems sein (4.2.1), wenn es dort nicht nur um Notfälle sondern auch um die Übermittlung von Gefahrensituationen geht.



4.2.5 Erfassung georeferenzierter Umgebungsdaten

Ein oben beschriebenes ADAS kann mit gleicher Hardware – bestehend aus GNSS-Empfänger und Kurzstrecken-Datenfunk – noch weitere Mehrwerte generieren. Dazu müssen lediglich die GNSS-üblichen Orts- und Geschwindigkeitsinformationen zusammen mit weiteren im Fahrzeug ermittelten Messwerten (z. B. Außentemperatur, Nutzung von Scheibenwischer oder Nebellichtern u. a.) über einen gewissen Zeitraum von möglichst vielen Fahrzeugen gesammelt und an bestimmten Stationen als historischer Datensatz ausgelesen und zentral erfasst werden. Durch statistische Auswertung können dann sehr genaue georeferenzierte Informationen mit flächen-deckender Gültigkeit generiert werden. Diese können z. B. genutzt werden für

- Verkehrsdatenerfassung (Prinzip: Extended Floating Car Data XFCD),
- dynamische Straßendatengenerierung, -aktualisierung, und -attributierung,
- attributsabhängige Kartierung spurgeführter Verkehrswege und Trassen,
- Umweltüberwachung, Straßenzustands- und Wettervorhersagen,
- Verkehrswegeplanung,
- dynamische Routenführung und Dispositionsunterstützung.

4.2.6 Nutzungsabhängige Entgelte für Verkehrsinfrastrukturen und Dienstleistungen

Dienste, die zur Gebührenerhebung bei der Nutzung von Verkehrsinfrastrukturen oder öffentlichen Verkehrsmitteln dienen, werden unter dem Begriff Tolling/Ticketing zusammengefasst. Beispiele sind unter Berücksichtigung verschiedener Fahrzeugklassen erhobene Autobahngebühren oder die Staffelung von Parkplatzgebühren in Abhängigkeit von Lage und Parkdauer. Fahrpreise für öffentliche Verkehrsmittel können auf der Basis der gefahrenen Entfernung erhoben werden. Die ortsbezogenen Dienste sind von der zuverlässigen Positionsbestimmung des Nutzers abhängig und bedürfen einer entsprechenden (auch juristisch haltbaren) Zuverlässigkeit und Genauigkeit des verwendeten Systems. Generell ist die Nutzung weiterer kontextbeschreibender Parameter in der Zukunft möglich.

4.2.7 Geographische Authentifizierung

Die konsequente Weiterführung der Erfassung georeferenzierter Umgebungsdaten und der nutzungsabhängigen Gebührenerhebung, wie sie in den beiden vorangegangenen Abschnitten dargestellt wurde, ist die Verwendung der Positionsinformation zur Authentifizierung einer Person oder eines Fahrzeugs. Dies kann der Security dienen, wie z. B. die zusätzliche Absicherung einer persönlichen Identifikationsnummer (PIN), aber auch der Safety von Einrichtungen und Anlagen, sofern der Zutritt nur authentifizierten Benutzern gestattet wird. Ein erster Schritt in diese Richtung ist die raumgestützte Verfolgung von hochwertigen Straßen- und Schienenfahrzeugen mit Hilfe von GALILEO.

4.2.8 Dynamische Empfehlung von Verkehrsmittel, Geschwindigkeit und Route

Für die aktuellen Ansätze zur dynamischen Navigation lässt sich eine große Zahl von unterstützenden Anwendungen für Reisen identifizieren. Neben der nach individuellen Kriterien optimierten dynamischen Empfehlung der Reiseroute und der Wahl des Verkehrsmittels, kann dies z. B. auch eine Empfehlung bezüglich der Reisegeschwindigkeit sein. Mit der Ergänzung geeigneter Technologien zur Indoor-Navigation entsteht ein universelles Tool zur Reise-Optimierung.

4.2.9 Gemischter Betrieb: Fliegende Überholung

In den meisten Ländern werden Personen- und Güterzüge mit stark streuenden Geschwindigkeiten über dieselben Trassen geführt. In vielen Ländern werden erst in den letzten 20 Jahren dezidierte Netze für den Hoch- und Höchstgeschwindigkeitsverkehr errichtet. Im gemischten Betrieb auf dem herkömmlichen Netz ist die Überprüfung der Zugvollständigkeit eine Aufgabe mit hoher Sicherheitsrelevanz. Der Verlust eines Wagens wird mit Hilfe von Achszählern oder Gleisstromkreisen festgestellt, deren Länge üblicherweise den Streckenblöcken entspricht. Diese feste Einteilung der Strecke, die sich vor allem aus der herkömmlichen Positionsbestimmung der Züge ergibt, steht einer Verdichtung der Zugfolge auf hoch belasteten Strecken im Wege und ist verhältnismäßig unflexibel. Eine zugseitige Bestimmung der Position und Vollständigkeit ist an dieser Stelle ein möglicher Weg, um sowohl die Flexibilität der Betriebsführung, als auch die Kapazität der Strecken zu erhöhen.

4.2.10 Energieeffizientes Fahren

Im Bereich des energieeffizienten Fahrens sind in den letzten Jahren etliche Studien durchgeführt worden, von denen z. B. der „Metromizer“ der Firma Siemens abgeleitet wurde. Mit Hilfe genauer und verlässlicher Positionsdaten kann hier noch eine weitere Verfeinerung erfolgen. So können die Züge auf bestimmte topologische Gegebenheiten, wie z. B. Steigungen, Gefälle oder Kurven, bereits in ihrem Fahrprogramm vorbereitet werden. Damit ergibt sich die Möglichkeit weiterer Energieeinsparungen.

4.2.11 Zugvollständigkeit

Anders als Personenzüge, die zum einen oft in festen Konfigurationen gefahren werden und zum anderen häufig über einen Datenbus entlang des Zugs verfügen, stellen Güterwagen ein kritisches Problem dar. Hierbei stellt sich das Problem, dass Güterwagen heute einem international abgestimmten Standard aus dem letzten Jahrhundert entsprechen. Eine Änderung dieses Standards, der mit den entsprechenden Kosten verbunden wäre, würde einen langen Zeitraum in Anspruch nehmen und erhebliche Akzeptanzprobleme mit sich bringen. Die Kombination einer satellitengestützten Positionsverfolgung und einer drahtlosen Intrazugkommunikation bietet hier interessante Lösungsmöglichkeiten. Die Möglichkeit, die Position des Zugs und seine Vollständigkeit in Echtzeit zu erfassen, ergibt betrieblich eine große Zahl an weiteren Optimierungen. Diese Informationen sind die Grundlage für das Fahren im Bremswegabstand. Ebenso ermöglichen sie „fliegende Überholungen“, die die stark differierenden Geschwindigkeiten ausgleichen kann, ohne bei dem überholten Zug zu großen Energieverlusten durch anhalten und wiederanfahren zu führen. Das Problem der „alten“ Güterwagen kann hier durch ein so genanntes End-of-train device gelöst werden, das bei Bedarf an den letzten Wagen angehängt wird. Diese Lösung ist nicht optimal, da sie zwangsläufig gewisse Handling-Probleme mit sich bringt. Sie ermöglicht aber einen interoperablen Betrieb auf Strecken, auf denen mehrheitlich moderne Wagen eingesetzt werden.

4.2.12 Intrazug-Kommunikation per Funk: Fahren langer Züge

Im außereuropäischen Ausland werden Züge mit Längen von mehreren 100 Metern bis Kilometern gefahren. Die Traktion für solche Verbände wird zum Teil auf mehrere Lokomotiven im Zug verteilt. Dadurch werden die Kräfte gleichmäßig über die Länge des Zugs verteilt und eine nicht mehr als zulässige Belastung der Kupplungen sichergestellt. Um die Kräfteverteilung im Zug zu optimieren, können die Lokomotiven hochgenau über Funk unter Zuhilfenahme einer satellitengestützten Navigation geführt werden. Da sich der Zug über einen Abschnitt mit unterschiedlichen Gradienten verteilen kann, ist eine weitere Optimierung mit Hilfe einer digitalen Karte denkbar. So kann es zum Beispiel sein, dass das führende Triebfahrzeug bereits in einem Gefälleabschnitt rollt, die hinteren aber in einem Steigungsabschnitt noch schieben müssen.

4.2.13 Intrazug-Kommunikation per Funk: Bremsen

Außerdem ist eine Intrazug-Funkverbindung auch sehr hilfreich, um die sich in Entwicklung befindlichen elektromagnetischen Bremsen zu steuern. Elektromagnetische Bremsen erlauben die zuverlässige und unverzügliche Bremsung von Wagen, die weit von der Lokomotive entfernt sind. In einer Bremsleitung hingegen breitet sich der Druckabfall bestenfalls mit Schallgeschwindigkeit aus und dieses Signal ist in der Regel extrem verrauscht. Auf diesem Wege ist eine erhebliche Bremswegverkürzung bei langen Güterzügen erreichbar. Ein erster Einsatz ist in Ganzzügen mit besonderen Kupplungen (Für Kohle- und Erztransporte, sowie die rollende Land-

straße) denkbar, da hier die Umrüstung nur einen geschlossenen Fahrzeugpark betrifft und diese Züge erhebliche Massen aufweisen. Für den Einsatz in herkömmlichen Güterzügen und bedingt auch in Personenzügen ist eine Art „funkgeführter Bremsaktivator“ auf der Basis z. B. von DECT, GSM-R oder mit einem neu zu entwickelnden Verfahren als Zwischenlösung vorstellbar, der den Befehl zum Bremsen per Funk erhält und den entsprechenden Druckabfall lokal erzeugt. Auf Grund des Ausfallverhaltens „zur richtigen Seite“ ist diese Zwischenlösung auch in der Zulassung weniger komplex als eine komplett neue Lösung.

4.2.14 Railway Collision Avoidance System (RCAS)

Einen erheblichen Anteil an Unfällen bei der Eisenbahn haben auch heute noch Kollisionen. Hierbei wird unterschieden in:

- Zusammenstoß: Kollisionen mit anderen Eisenbahnfahrzeugen,
- Zusammenprall: Kollisionen mit anderen Verkehrsteilnehmern auf Bahnübergängen,
- Aufprall: Kollisionen mit Objekten im Regellichtraum.⁵

Auch heute stoßen immer noch Züge mit Zügen, Baufahrzeugen, Arbeitergruppen oder anderen Verkehrsteilnehmern zusammen, obwohl dies durch eine umfangreiche und aufwändige Technik vermieden werden soll. Dieses resultiert u. a. in einer nahezu flächendeckenden Ausrüstung der Gleise mit Achszählern und Gleisstromkreisen. Erfahrungen aus der Luftfahrt mit dem *Traffic Alert and Collision Avoidance System (TCAS)*⁶ zeigen, dass das Problem der Kollisionsvermeidung auch durch weitgehend infrastrukturunabhängige Systeme deutlich verbessert werden kann. Die Idee hinter RCAS ist es, analog zum TCAS/ADS-B oder dem neuen *maritimen AIS* Informationen über Position, Geschwindigkeitsvektor und andere wichtige Werte aus bestimmten bewegten Einheiten (Züge, Baufahrzeuge, Zweiwegebaumaschinen etc.) oder in reduziertem Umfang aus bestimmten Infrastruktureinheiten abzustrahlen. Diese Informationen können von anderen Bahnfahrzeugen in der Region ausgewertet werden und von der Information über kritische Zustände (Traffic Alert - TA), über Lösungsvorschläge (Resolution Advisory – RA) bis hin zu steuernden Eingriffen (i. d. R. Bremsen) reichen. Forschungsbedarf wird hier insbesondere bezüglich der geeigneten Kommunikation zwischen den Bahnfahrzeugen sowie der sicherheitsrelevanten Auslegung aller Systemkomponenten gesehen. Hierbei sind zwei Aspekte von besonderem Interesse, die sich nicht aus der Analogie zum TCAS und zum maritimen AIS ableiten lassen: Zum einen schränkt die mechanische Spurführung die Eingriffsmöglichkeiten der Triebfahrzeugführer (Tf) drastisch ein. Dieser kann im Prinzip nur seinen Zug in einer Dimension⁷ bremsen oder beschleunigen. Zum anderen erfolgt die Einstellung der Fahrstraßen durch den Fahrdienstleiter (Fdl) im Stellwerk, so dass bestimmte Konfliktwarnungen sowohl an den Fdl als auch an den Tf ausgegeben werden müssen.

Darüber hinaus muss beachtet werden, dass die Bewegungsvektoren von Bahnfahrzeugen - vollkommen regulär - (nahezu) auf einander zeigen dürfen. Beispielsweise bedingen das Kuppeln von Halbzügen sowie das Nachschieben solche „Konflikte“. Ebenso ist beim „fliegenden“ Überholen und Ausweichen auf HGV Strecken eine solche Situation zulässig. Selbst die Bewegungsvektoren von begegnenden Zügen weisen bei einer Relativgeschwindigkeit von 300km/h nur 3m aneinander vorbei, in Kurven z. T. noch weniger. Auf Grund des sehr deterministischen Fahrverhaltens von Zügen sind diese Situationen alle erkennbar und klassifizierbar, so

⁵ Die vierte Art der Unfälle sind Entgleisungen; die fünfte und letzte Art sind sonstige Bahnbetriebsunfälle, wie z. B. Brand, Explosion etc.

⁶ Auch in der Luftfahrt wird an der nächsten Generation von Kollisionswarnsystemen gearbeitet [14]. Das Prinzip des sogenannten Automatic Dependent Surveillance Broadcast (ADS-B) ist dem des maritimen AIS recht ähnlich: In regelmäßigen Abständen wird die per GPS ermittelte aktuelle Position per Broadcast abgestrahlt.

⁷ Diese Dimension folgt dem Gleisverlauf und ist keine kartesische Koordinate.

dass ein RCAS zur Warnung von Tf und Fdl vorstellbar ist. Wenn eine echte Kollisionssituation auftritt, hat der Tf nach der Erkennung der Kollision nur noch die Möglichkeit, eine Bremsung auszulösen. Der Fdl hat im Stellwerk auf Grund der Weicheneinstellung auf Seiten der Infrastruktur weitere Lösungsmöglichkeiten.

Es gab bereits einen Ansatz, die Logik des Stellwerks auf das Fahrzeug zu verlegen. Dieses Projekt wurde unter dem Titel „Funkgeführter Fahrbetrieb“ (FFB) begonnen und aus politischen Gründen eingestellt. [16]

Ein erheblicher Anteil an allen Kollisionen sind Zusammenpralle mit Kraftfahrzeugen auf Bahnübergängen ohne Beschränkung oder mit Halbschranken. Eine Ergänzung des genannten Themas besteht darin, ein System zu definieren, das eine irreguläre Belegung des Gefahrenraumes erkennt (per Magnetfeld, Infrarot, Video, Gewicht etc.) und eine Warnung an den Tf ausgibt. In dieser Situation wird oft eine Kollision nicht mehr zu vermeiden sein, aber eine Folgenreduzierung kann durch eine Gefahrenbremsung erzielt werden. Da diese wiederum zu Verletzten innerhalb des Zuges führen kann, ist eine Bestimmung des Bewegungsvektors des Kraftfahrzeugs erforderlich, um nicht notwendige Bremsungen zu vermeiden.

4.2.15 Güterverfolgung

Viele Güter, die heute mit der Bahn transportiert werden, werden mit Lastwagen angeliefert bzw. ausgeliefert. Daraus ergibt sich der Bedarf, eine genaue Synchronisation an den Umschlagbahnhöfen vorzunehmen. Heute ist die Bahn noch nicht flächendeckend in der Lage, die an sich verfügbaren Informationen zu verknüpfen und dem Spediteur über ein geeignetes Interface zur Verfügung zu stellen. Entsprechend ergibt sich ein Bedarf, diese Information über andere Wege zur Verfügung zu stellen. Die Ausrüstung der Wagen mit einem satellitengestützten Navigationssystem verbunden mit Meldungen über ein geeignetes Funknetz bietet eine Lösung, um die einzelnen Wagen zu lokalisieren – auch um verschwundene Güterwagen wieder zu finden, wie es bereits mit Erfolg bei hochwertigen Wagen (z. B. Typ Shimms) angewandt wird. Ein erster solcher Ansatz wurde von Kayser-Threde entwickelt und führte bisher zur Auslieferung von 14.000 Einheiten. Der entsprechende Geschäftsbereich wurde vor kurzem an Knorr-Bremse verkauft. Derzeit werden solche Lösungen entweder nur zur Ortung einzelner hochwertiger Wagen (wie im Projekt SANDY vorgeführt) oder zur Logistik vom Versender aus (z. B. Volkswagen Transport) in Eigenregie eingesetzt. Hier könnte aus den verschiedenen Ansätzen ein Gesamtsystem entwickelt werden, das in der Lage ist, eine verkehrsträgerübergreifende Logistik zu ermöglichen. Gegebenenfalls kann eine Identifikation der Frachteinheiten per RFID sowie deren Übertragung an eine Zentrale erfolgen.

4.2.16 Gefahrguttelemetrie

Wie oben bereits erläutert, ist die Verfolgung von Güterwagen oder ihrer Fracht ein Thema, in dem bereits erste Erfahrungen bestehen. Das gezielte Auslösen von Aktionen in Gefahrguttransporten auf der Basis von Zeit- und Positionsdaten ist eine weitere Funktion, die speziell bei kritischen Chemiegütern von Relevanz ist. So gibt es z. B. Chemiegüter, die über längere Distanzen transportiert werden und sich auf diesem Wege nicht über eine bestimmte Temperatur erwärmen dürfen. Hier wäre neben einer Temperaturüberwachung die ferngesteuerte Einschaltung einer Kühleinrichtung mit begrenztem Energievorrat denkbar. Ebenso könnten unzulässige Zustände erkannt und entsprechende Reaktionen ausgelöst werden. Hierbei ist die Energieversorgung auf dem Fahrzeug ein spezielles Thema, da Güterwagen in der Regel keine Energieversorgung aufweisen. Die Gefahrsituation kann als klassifizierte „Distress-Message“ über GALILEO übertragen werden. Gegebenenfalls kann der GALILEO-Messaging Service auch zur Steuerung in der Rückrichtung verwendet werden.

Dieses Thema ist derzeit Gegenstand einer Ausschreibung des GALILEO Joint Undertaking (GJU). Im Call 2418 „GALILEO Advanced Concepts“ in der Task 3200 „Candidate Missions“ wird diese Frage bearbeitet. Weitere Informationen siehe [11, 8].

4.2.17 „Zugnummernmeldung“ – Bahn AIS

Die Meldung der Zugposition und -identität erfolgt derzeit noch mit einem rein streckenseitigen System. Die Position wird, wie bereits oben erläutert, durch Gleisstromkreise und Achszähler erfasst und dem Stellwerk gemeldet. Die zu der gemeldeten Position gehörige Zugnummer wird durch die ebenfalls vom Zug unabhängige, rechnergestützte Zugnummernübertragung (RZÜ) übermittelt. Die bisherige Technik ist aufwändig und wartungsintensiv. Die zuggestützte, verlässliche Meldung der Fahrtrichtung, Zugposition und -identität zum Stellwerk als Ergänzung oder Ersatz der herkömmlichen RZÜ kann hier eine erhebliche Vereinfachung bringen. In Kombination mit der Zuglenkung können weitere interessante Funktionen realisiert werden: Das Stellwerk stellt die Fahrstraßen nicht nur nach Plan, sondern nach der echten Einfahrt der Züge, ggf. sogar nur nach Ziel ohne hinterlegten Fahrplan.

Mit der Einführung von ETCS verfügt der Zug über eine elementare, topologische Streckenkarte, die mit der Fahrerlaubnis (Movement Authority) übertragen wird. Mit der Einführung von GSM-R wird es bereits innerhalb von ETCS möglich, die Position des Zuges an die Streckenseite zu übermitteln.

4.2.18 Verbesserte Interoperabilität

Die Interoperabilität der Bahnsysteme in Westeuropa ist denkbar schlecht, sowohl im Bereich Planung und Logistik, als auch im technischen Bereich. So werden zum Beispiel vier Stromsysteme und mehr als 15 unterschiedliche Zugsicherungssysteme verwendet. Eine infrastrukturarme satellitengestützte Lösung bietet die Chance, ohne Antastung der bestehenden Systeme eine neue einheitliche Lösung zu schaffen.

Das neue European Train Control System (ETCS) im European Rail Transport Management System (ERTMS) bildet die technische Grundlage für den interoperablen Betrieb auf Hochgeschwindigkeits- und Hauptstrecken. Dieses System kann um eine Systemausprägung für Strecken mit schwachem und mäßigem Verkehr (SMV) ergänzt werden. Hier kann eine effiziente, fahrzeugzentrierte Lösung, die moderne Kommunikations- und Navigationstechnologien nutzt, helfen den Betrieb auf den SMV-Strecken zu erhalten und kostengünstiger zu betreiben. Hiermit kann ein massiver Streckenabbau in den neuen Ländern und im Besonderen in Südosteuropa verhindert werden. Diese Technologien erlauben den Aufbau eines echten Managementsystems, das neben Sicherungsfunktionen auch eine interoperable Disposition, Telematik und Wartung ermöglicht.

Die Ortung per GNSS bietet auch innerhalb von ETCS Perspektiven, das System effizienter einsetzen zu können: So kann GNSS verwendet werden, um die EuroBalisen innerhalb des Transeuropäischen Netzes (TEN) zu ergänzen und so die Ortung präziser auszulegen. Innerhalb einer Migrationsphase kann die gleiche Technologie eingesetzt werden, um einen ERTMS-Betrieb auf Strecken abzuwickeln, die noch nicht oder nur teilweise mit Balisen ausgerüstet sind. In gleicher Weise ist im voll ausgerüsteten Fall die Validation der Lage von physischen Balisen möglich.

Hierbei ist zu beachten, dass dieses Thema derzeit Gegenstand einer Ausschreibung des GALILEO Joint Undertaking (GJU) ist. Hierbei geht es um die Integration von GNSS in ERTMS. Weitere Informationen siehe [9].

Ein weiteres wichtiges Thema, das im Institut für Kommunikation und Navigation und im Institut für Verkehrsführung und Fahrzeugsteuerung bearbeitet werden wird, ist die Auslegung der GSM-R Ausrüstung innerhalb von ETCS. Bisher wird geschätzt, dass eine Zahl von 60 GSM-R Kanälen pro Radio Block Centre ausreichend ist. Eine genauere Auslegung erfordert die Kombination von Kommunikationskenntnissen aus dem Bereich GSM und den Eisenbahn-betrieblichen Anforderungen, die sich in den verschiedenen Bereichen ergeben. Eine detaillierte Betrachtung kann hier helfen, betriebliche Engpässe und daraus resultierend aufwändige technische Änderungen zu vermeiden.

4.2.19 Warnung an Bahnsteigen

Bei der Ein- oder Durchfahrt von Zügen an Bahnsteigen, auf denen sich Personen befinden könnten, muss eine Warnung auf den entsprechenden Bahnsteig ausgegeben werden. Derzeit wird diese Meldung noch vom Fahrdienstleiter selber ausgelöst und entweder vom Band abgespielt oder aktuell gesprochen. Grundlage dieser Aktivität ist die Fahrstraße und Zugnummer des heranfahrenden Zuges. Auf der Grundlage einer sicheren Meldung des Zugposition, -route und -identität könnte diese Tätigkeit vollständig und unter Wahrung der Sicherheit von einem automatischen System übernommen werden. Die begrenzte Sicherheitsrelevanz dieser Anwendung ermöglicht eine schnelle Umsetzung.

4.2.20 Erhöhtes Verkehrsaufkommen

Durch den Beitritt der Länder aus Ost und Mitteleuropa zur Europäischen Union wird Deutschland durch einen zusätzlichen Transitverkehr belastet. Das Deutsche Verkehrsforum geht von einer Zunahme des Güterverkehrs (2015 gegenüber 1997) um einen Faktor von 3 bis 4 aus. Das ITG-Positionspapier rechnet mit einer Zunahme von mehr als 60% bis 2015. Die Zahlen liegen weit auseinander, deuten jedoch auf eine starke Zunahme hin. Um einen Kollaps des Straßenverkehrs zu vermeiden, sollte ein möglichst großer Teil dieses zusätzlichen Verkehrs durch den Bahngüterverkehr erbracht werden und dort möglichst durch Verbesserung der Effizienz der bestehenden Infrastruktur. Dort, wo Erweiterungen notwendig werden, sollten diese möglichst gering ausfallen. Eine satellitengestützte Lösung für die Ortung bietet die Möglichkeit, die Gleise in kurzen Abständen zu befahren, weitgehend unabhängig von der Dichte gleisseitiger Installationen.

Die Steigerung des Verkehrsaufkommens lässt sich auf verschiedenen Ebenen behandeln. Die Ortung per GNSS stellt überall die Basis dar. Ein Eingriff auf dispositiver Ebene ohne Sicherheitsrelevanz kann ebenso zur Leistungsfähigkeitssteigerung verwendet werden, wie das Fahren im Bremswegabstand, das eine Sicherheitsanforderungsstufe von SIL 4 aufweist. Je nach zu Grunde liegender Fragestellung können unterschiedliche Maßnahmen zur Anwendung gebracht werden.

4.2.21 GNSS-basierte Messung des Reibfaktors

Ein weiteres Thema in Zusammenhang mit der Erhöhung des Verkehrsaufkommens und damit auch des erhöhten Durchsatzes, ist die Bestimmung des aktuellen Reibwerts zwischen Rad und Schiene. Dieser Reibwert bestimmt sehr stark die mögliche Leistungsfähigkeit des Eisenbahn-

verkehrs, da bei geringem Reibwert die Züge weniger beschleunigen und verzögern können als im regulären Fall. Auch hier bietet die Ortung per GNSS neue Möglichkeiten. Aus der Bewegung, die per GNSS ermittelt wird, und dem Moment der Abtriebe kann der Schlupf am Rad und daraus wiederum der Reibfaktor ermittelt werden. Hiermit bieten sich einige Möglichkeiten, die Leistungsfähigkeit des Systems Eisenbahn ohne große infrastrukturelle Maßnahmen zu steigern. Eine Verfeinerung des derzeit sehr elementar gehaltenen Reagierens auf Änderungen des Reibwerts bei ETCS bietet sich an.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Mit dem hier vorliegenden Papier wird neben der Beschreibung der Dienste des Kernsystems GALILEO eine detaillierte Abgrenzung zu den bereits existierenden Satellitennavigationssystemen GPS/GLONASS vorgenommen. Es wird deutlich gemacht, dass GALILEO neben einer verbesserten Genauigkeit (Accuracy) und erhöhten Verfügbarkeit (Availability) im Vergleich zu GPS/GLONASS auch eine zusätzlich integrierte Komponente zur Sicherung der Integrität (Integrity/Technical Reliability) aufweist. Dies bedeutet, dass dem GALILEO-Navigationssignal eine zeitlich definierte Warnmitteilung aufmoduliert wird, sobald eine Verletzung des spezifizierten Performancepegels erkannt wird. Dies ist vor allem hinsichtlich sicherheitskritischer Anwendungen von elementarer Bedeutung. Zudem bietet GALILEO als ziviles System eine von akuten politischen Zielen unabhängige Zuverlässigkeit (Political Reliability). Es ist allerdings zu erwarten, dass die Leistungsunterschiede - vor allem zwischen GPS und GALILEO - in naher Zukunft zumindest teilweise ausgeglichen werden, da es zu einer Modernisierung des GPS-Navigationssystems durch den geplanten Einsatz neuer Satelliten im Rahmen von GPS II und GPS III kommen wird.

Diskutiert werden in Kapitel 2.3 aber auch die Leistungsgrenzen von GALILEO. So wird deutlich gemacht, dass es ohne die Einbindung zusätzlicher regionaler und lokaler Komponenten nicht möglich sein wird, hochpräzise Navigation unterhalb des m-Levels oder Indoor-Positionierungen zu ermöglichen. Diese Klärung erscheint besonders wichtig, da dem System oftmals unbegrenztes Leistungsvermögen unterstellt wird.

Dennoch bleibt das Anwendungsspektrum von GALILEO, vor allem auch für verkehrliche Fragestellungen, außerordentlich vielfältig. Ein erster Eindruck denkbarer neuer Anwendungen im Verkehrsbereich, die alle auf der genauen und zuverlässigen Positionsbestimmung durch GALILEO aufsetzen könnten, wird durch die nach Verkehrsträgern strukturierte Auflistung im dritten Kapitel vermittelt. Wichtig ist hierbei, dass es sich um potenzielle Anwendungen handelt, deren Implementierung nur aufgrund der erweiterten Leistungsmerkmale von GALILEO im Vergleich zu GPS/GLONASS sinnvoll und realistisch wird. Zum Teil bedarf es aber noch weiterer Forschungs- und Entwicklungsarbeiten, um die bald verfügbaren Möglichkeiten effizient nutzen zu können.

Das DLR verfügt bereits über umfassende Kompetenzen, die gebündelt für verkehrliche Themenstellungen der Satellitennavigation genutzt und weiter ausgebaut werden können. Die in Kapitel 4.2 vorgenommene Ableitung spezifischer Forschungs- und Entwicklungsfelder ist keineswegs vollständig oder abschließend. Sie zeigt aber ein breites Spektrum potenzieller GALILEO-Verkehrsanwendungen, für die ein realer Forschungsbedarf diagnostiziert werden kann und die aufbauend auf den vorhandenen Kompetenzen im DLR auch hier weiter erforscht und entwickelt werden können. Beispielhaft seien aus der Vielzahl der Optionen nochmals die Themenfelder „Alarm, Zielführung und Rettung“, „Fahrerunterstützung“, „Überwachung von Gefahrguttransporten“ oder auch „Railway Collision Avoidance Systems“ genannt.

Das vorliegende Exposé verdeutlicht somit, welche Möglichkeiten die Implementierung von GALILEO für Fragestellungen des Verkehrs bietet und fokussiert sich dabei auf bodengebundene Verkehrsträger wie Schiene und Straße. Allerdings ist dies nur der erste Schritt. Bisher sind kaum Konkretisierungen in dem Sinne erfolgt, dass die notwendigen weiteren Schritte zur Erforschung und Entwicklung von Tools für eine reale Nutzung der über eine reine Positionsbestimmung oder Navigation im herkömmlichen Sinne hinausgehenden Anwendungsoptionen eingeleitet wurden. Um aber den bereits in der Einleitung genannten potenziellen volkswirtschaftlichen Nutzen des Systems GALILEO auch real werden zu lassen, ist dies dringend geboten.

Industrie, Politik und Forschung müssen hierzu in überschaubarer Zeit einen Schulterschluss vollziehen, der nicht nur in Willensbekundungen sondern auch in konkret abgestimmten und finanzierten Projekten mündet. Ansonsten besteht die Gefahr, dass Europa und insbesondere Deutschland die großen Chancen von GALILEO zwar erkannt, aber nicht genutzt und damit unwiederbringlich vertan hätten.

6 Anhang

6.1 Abkürzungsverzeichnis

ADS-B	Automatic Dependent Surveillance Broadcast
AIS (maritim)	Automatic Identification System
AIS (aeron.)	Aeronautical Information Service
A-SMGCS	Advanced Surface Movement Guidance and Control System
ATC	Air Traffic Control
ATM	Air Traffic Management
CNS	Communications, Navigation, Surveillance
COTS	Commercial-off-the-shelf (Handelsübliche Komponenten)
CS	Commercial Service
DAB	Digital Audio Broadcasting
DH	decision hight
DFS	Deutsche Flugsicherung
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.
DVB-T	Digital Video Broadcasting - Terrestrial
EGNOS	European Geostationary Navigation Overlay Service
ELT	Emergency Locator Transmitter
EPIRB	Emergency Position Indicating Radio Beacon
ERTMS	European Rail Transport Management System
ETC	Electronic Toll Collection
ETCS	European Train Control System
ESTB	EGNOS System Test Bed
EVN	Experimentelles Verifikationsnetzwerk
F&E	Forschung und Entwicklung
FCD	Floating Car Data
Fdl	Fahrdienstleiter
FPD	Floating Pedestrian Data
FPGA	Field Programmable Gate Arrays
FTD	Floating Traveller Data
GATE	German GALILEO Test Bed
GCC	Ground Control Centre
GJU	GALILEO Joint Undertaking
GNSS	Global Navigation Satellite System
GSTB-V1	GALILEO System Test Bed (Phase 1)
GSM-R	GSM for Railway
HGV	Hochgeschwindigkeitsverbindung
HMI	Human Machine Interface (vgl. MMI)
ICT	Information- and Communications Technology
IFS	Institut für Verkehrsführung und Fahrzeugsteuerung
IKN	Institut für Kommunikation und Navigation
INS	Inertial Navigation System (Trägheitsnavigationssystem)
IPS	Indoor Positioning System
ITS	Intelligent Transportation Systems
IVF	Institut für Verkehrsforschung
KMU	Kleine/Mittelständische Unternehmen (vgl. SME)
KOM	Kommunikation
LBS	Location Based Services
LEO	Low Earth Orbit
LSP	Local Service Point
MMI	Mensch-Maschine-Interface (vgl. HMI)
NAV	Navigation

NavSim	IKN interner GNSS End-to-end Simulator (SW)
OE	Organisationseinheit
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
OS	Open Service
PCS	Personal Communication System
PDA	Personal Digital Assistant
PLB	Personal Locator Beacon
PIN	Persönliche Identifikationsnummer
PPP	Public-Private-Partnership
PRS	Public Regulated Service
PTA	Personal Travel Assistant
RA	Resolution Advisory
RDS-TMC	Radio Data System – Traffic Message Channel
RZÜ	Rechnergestützte Zugnummernübertragung
SME	Small/Medium Enterprise (vgl. KMU)
SAR	Search & Rescue
SoL	Safety of Life Service
SW	Software
TA	Traffic Advisory
Tf	Triebfahrzeugführer
TCAR	Three Carrier Ambiguity Resolution
TCAS	Traffic Alert & Collision Avoidance System
TCC	Telemetry & Command Centre
TCS	Train Control System
TEN	Trans European Networks
UAV	Unmanned Aerial Vehicle
WLAN	Wireless Local Area Network
xFCD	extended Floating Car Data

6.2 Literaturverzeichnis

- [1] Angermann, M.: *Navigation Capabilities of Future Mobile Communication Systems - will Global Navigation Satellite Systems become obsolete?*, Proceeding of GNSS 1999
- [2] Angermann, M.; J. Kammann, P. Robertson, A. Steingass, T. Strang: *Software Representation for Heterogeneous Location Data Sources Within A Probabilistic Framework*. LOCELLUS 2001, International Symposium on Location Based Services for Cellular Users, München, Februar 2001.
- [3] Lemmer, K.; R. Suikat und M. Meyer zu Hörste: *Die Kopplung von Systemen der Fahrzeugführung und der Ortung für die Ortung von Fahrzeugen*. In: DGON Jahrestagung, Oktober 2001, Wolfsburg.
- [4] Meyer zu Hörste, M.; G. Bikker; K. Lemmer und E. Schnieder: *A general Approach for the Development and Architecture of Satellite-based Train Control Systems*. In: SatNav Convention, September 2001, Nizza.
- [5] Meyer zu Hörste, M. und K. Lemmer: *Communication-based Train Control in the Frame of Dispatcher Control*. In: Radio-based Operation on Branch Lines, pp.14 - 22, Oktober 2001, Zilina (Slowakische Republik).
- [6] Rappaport, T. S.; Jeffrey H. Reed and Brian D. Woerner, *Position Location Using Wireless Communications on Highways of the Future*, IEEE Communications Magazine, vol. 34, Nr. 10, Oktober 1996, pp. 33 – 41
- [7] Hein, G.W.; Godet, J.; Issler, J.-L.; Martin, J.-C.; Erhard, P.; Lucas-Rodriguez, R. and Pratt, T.: *Status of GALILEO Frequency and Signal Design*. ION GPS 2002, 24-27 September 2002, Portland, OR
- [8] *Cospas-Sarsat System Concept*. <http://www.cospas-sarsat.org/concept/concept.htm>
- [9] FCC: *E911 Act*. <http://www.fcc.gov/911/enhanced>
- [10] *Sigma Conversion Table*. http://www.isixsigma.com/library/content/sigma_table.asp
- [11] GALILEO Joint Undertaking (GJU): *GALILEO Advanced Concepts*, call 2418. [http://www.galileoju.com/doc/Call_2418 - GALILEO Advanced Concepts.ZIP](http://www.galileoju.com/doc/Call_2418_-_GALILEO_Advanced_Concepts.ZIP)
- [12] GALILEO Joint Undertaking (GJU): *GNSS Introduction in the Rail Sector*, call 2409. [http://www.galileoju.com/doc/Call_2409 - GNSS Introduction in the Rail Sector.ZIP](http://www.galileoju.com/doc/Call_2409_-_GNSS_Introduction_in_the_Rail_Sector.ZIP)
- [13] Michael Angermann, Thomas Strang, Martin Kähler, Michael Kreutzer: *Rapidly Deployable Infrastructures for Communications and Localization in Disaster Management*. United Nations International Workshop on the Use of Space Technology for Disaster Management, Munich, Germany, 18-22 October, 2004.
- [14] Federal Aviation Administration (FAA): *About ADS-B*. <http://adsb.tc.faa.gov/ADS-B.htm>
- [15] US Standard for Required Navigation Performance (RNP) Instrument Approach Procedure Construction, FAA Order 8260.52, December 2002. http://av-info.faa.gov/terps/Directives_files/8260.51.pdf
- [16] Pacht, J.: *Vorschlag für eine neue Systematik der Betriebsverfahren deutscher Eisenbahnen*. Eisenbahningenieur 55 (2004), Heft 7 (Juli), Seiten 5 - 10. Tetzlaff-Verlag, Hamburg.

6.3 Kompetenzen der Institute im Überblick

6.3.1 Institut für Kommunikation und Navigation (IKN, Oberpfaffenhofen und Neustrelitz)

Am Institut für Kommunikation und Navigation (IKN) verteilen sich GALILEO-relevante Forschungsaktivitäten mit direktem oder auch indirektem Bezug zum Verkehr insbesondere auf die Fachgruppen Navigation und Leitsysteme, Antennen sowie Nachrichtensysteme. Eine der wesentlichen Zielstellungen liegt darin, vor allem durch die *Integration* von Kommunikations- und Navigationstechnologien Forschungsthemen mit hohem Marktpotenzial zu bearbeiten. Im Einzelnen sei auf folgende Forschungs- bzw. Anwendungsfelder (A bis H) sowie Expertisen (siehe nachfolgende Tabelle) des IKN verwiesen, die einen Bezug zu GALILEO und/oder Verkehr aufweisen:

- A → GALILEO Systemverifikation**
- B → Endgeräteentwicklung**
- C → Signalausbreitung/Ausbreitungsfehler**
- D → Pilotanwendungen/Dienste/Plattformen**
- E → Uhren und Zeitverteilung**
- F → Leitsysteme**
- G → Datendistribution/Vernetzung**
- H → Kontextadaptivität**

Expertisen	A	B	C	D	E	F	G	H
Modellierung von Systemeigenschaften von Navigationssystemen und deren Simulation	x	x	x	x	x			
Entwicklung von Verfahren und Algorithmen zur Bestimmung der Zeit im System und zur Synchronisation von Uhren (Zeitdienste)	x		x	x	x			
Unabhängige Überwachung (System-Monitoring) von GNSS-Systemen und deren Signalen	x		x					
Aufbau und Betrieb experimenteller Verifikationsnetzwerke (Ergänzungskomponenten bzw. lokale Netzwerke zur Unterstützung von GNSS Systemen auf regionaler bzw. lokaler Ebene wie beispielsweise ESTB, GSTB-V1, GATE)	x		x	x	x			
Entwicklung von Modellen und Algorithmen zur Nachbildung und Vorhersage atmosphärischer Einflüsse auf Navigationssysteme unter Bezug auf die Verbesserung des Genauigkeitspotenzials sowie die Systemintegrität			x					
Untersuchungen zur Signalausbreitung insbesondere lokaler Mehrwege-Effekte (Durchführung von Messkampagnen zur Kanalvermessung)	x		x					
Entwicklung neuer, störunempfindlicher GNSS-Empfängerkonzepte		x						
Entwicklung effizienter Rechenverfahren für Patch-Antennen		x	x					
Entwicklung intelligenter Antennen für zukünftige Satellitennavigationssysteme, spezieller Antennen für Verkehrsleitsysteme sowie dual polarisierbare Antennen mit Strahlformung für SAR-Anwendungen		x		x		x		
Untersuchung und Entwicklung von Radarsystemen für Zwecke der Verkehrsleitung und Verkehrsüberwachung						x		
Durchführung von Feldversuchen unter Nutzung eigener Messfahrzeuge sowie entwickelten Prototypen	x		x		x			
Planung, Dimensionierung und Simulation zukünftiger Satellitennetze unter Berücksichtigung von Bedeckungszonen, dem Einsatz von Multibeam-Antennen sowie der Link-Dimensionierung			x				x	
Verbindung terrestrischer und satellitenbasierter Funknetze einschließlich hybrider Systeme zur Implementierung von Anwendungen (Diensten) auf der Basis von Demonstratoren				x			x	
Entwicklung von Dienstplattformen für mobile Endgeräte (Mobiltelefon, PDA) unter besonderer Berücksichtigung der Merkmale der Mobilität, Ressourcenbeschränkungen und variablen Netzwerkverbindungen		x		x		x	x	x
Modellierung von Situation und Kontext von Verkehrsteilnehmern sowie darauf aufbauend Algorithmen zur Prädiktion von Verhalten							x	x

Expertisen	A	B	C	D	E	F	G	H
Entwicklung und Verifikation von Algorithmen zur effizienten und sicheren Datendistribution zwischen Verkehrsteilnehmern und zu übergeordneten Systemen							x	x
Entwicklung von Modellierungs- und Zielführungsverfahren für Fußgänger				x		x	x	x
Entwicklung von Verfahren zur Indoor-Positionierung		x			x			x
Entwicklung von integrierten Positionierungsverfahren, wo Informationen verschiedener Positionierungssensoren (GNSS, INS, IPS, Karten etc.) geeignet miteinander kombiniert und in eine generalisierte, qualitätsbewertete Darstellung überführt werden [2]				x			x	x
Evaluation von terrestrischen Broadcast-Übertragungsverfahren für satellitengestützten Einsatz und umgekehrt, insbesondere für den Empfang im Kfz			x				x	
Untersuchungen, Gegenüberstellung und Anpassung verschiedener digitaler Übertragungsverfahren für die Kommunikation zwischen Fahrzeugen			x				x	
Entwicklung, prototypische Implementierung und Evaluation von technischen Konzepten für neue Multimediadienste im Fahrzeug. Im Fokus stehen Dienstkonzepte für die Integration von Mobilfunk, Broadcasting (DAB, DVB-T) und satellitengestützter Ortung			x	x			x	x
Messungen von Ausbreitungsbedingungen von short-range Übertragungsverfahren (Bluetooth, WLAN) und deren Auswirkungen auf darauf basierenden Ortungsverfahren			x	x			x	x
Aufbau und operativer Betrieb von Kommunikationsinfrastruktur mit lokalen Elementen (LSPs) zur Anbindung mobiler Teilnehmer und zur Durchführung von Feldversuchen mit innovativen Dienstkonzepten für Fußgänger in urbaner Umgebung		x		x		x	x	x
Entwicklung dateibasierter Rundfunkübertragungen für Satelliten			x	x		x	x	
Entwicklung und prototypische Demonstration eines Datenlinks hoher Kapazität für den Flughafennahbereich			x			x		
Erprobung und Anpassung eines neuartigen Radarortungssystems (NRN) zur Erfassung des rollenden Verkehrs auf Flughäfen unter realen operationellen Randbedingungen						x	x	
Entwicklung moderner CNS-Verfahren basierend auf GPS/GALILEO für ATM			x	x		x	x	

6.3.2 Institut für Verkehrsführung und Fahrzeugsteuerung (IFS, Braunschweig)

Das Institut für Verkehrsführung und Fahrzeugsteuerung (IFS) konzentriert seine Forschungsarbeiten primär auf zwei Themenkomplexe: Im Bereich **Automotive** werden Assistenzsysteme für den Straßenverkehr untersucht. Hierbei stellen neben technologischen und funktionalen Fragestellungen auch Aspekte wie menschliche Einflussfaktoren und Ergonomie einen Schwerpunkt der Arbeit dar. Im Bereich **Bahnsysteme** werden die Steuerung und Sicherung des spurgebundenen Verkehrs bearbeitet. Die betriebliche und technische Interoperabilität der Systeme wie auch ihre Sicherheit und experimentelle Erprobung stehen hier im Focus der Untersuchungen.

Sieben Forschungs- bzw. Anwendungsfelder (A bis G) sowie Expertisen mit Bezug zu GALILEO und Verkehrsanwendungen des IFS werden in der folgenden Tabelle aufgelistet:

- A → Anwendung Automotive**
- B → Anwendung Bahnsysteme**
- C → Telematik-Anwendung**
- D → Systemintegration**
- E → Datenfusion**
- F → Sicherheitsbetrachtung**
- G → Wirtschaftlichkeitsbetrachtung**

Expertisen	A	B	C	D	E	F	G
Einsatz im Rahmen von Fahrerassistenzsystemen	X				X	X	
Modellierung und Simulation von Systemen der Eisenbahnsteuerung und -sicherung einschließlich der sicheren Ortung		X		X		X	
Erprobung und Validation von neuartigen Ortungsplattformen auf der Basis von GNSS mit Hilfe von Feldtests und Demonstratoren		X	X	X	X	X	
Vergleichende Betrachtung und Bewertung von Einsatz- und Ausrüstungsvarianten, sowie Einführungsstrategien für Bahnsysteme		X				X	X
Anwendungen im Rahmen von ERTMS/ETCS sowie deren Bewertung		X				X	X
Betrachtung der betrieblich akzeptablen Abweichungen		X				X	
Unterstützung der betrieblichen Disposition		X	X		X		

6.3.3 Institut für Verkehrsforschung (IVF, Berlin)

Am Institut für Verkehrsforschung (IVF) werden u. a. Verfahren und Algorithmen zur Erfassung, Verarbeitung und Veredelung von Verkehrsdaten sowie zur Verkehrssimulation und -prognose erarbeitet, deren Ergebnisse in verschiedene Projekte Eingang finden. Viele von ihnen haben bereits jetzt schon einen direkten Bezug zu bzw. verwenden Technologien der Satellitennavigation und sind teilweise bereits auf die zukünftige Verwendung von GALILEO und den damit einhergehenden Verbesserungen ausgerichtet. Die Expertisen und Anwendungen des IVF mit GALILEO-Bezug sind in nachfolgender Tabelle gegenübergestellt:

- A → Nutzerverhalten und Nutzerakzeptanz**
- B → Markt- und Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen**
- C → Machbarkeitsstudien und Konzeptentwicklungen**
- D → Reise- bzw. Verkehrsdatenerfassung**
- E → Echtzeit-Verkehrsprognose und optimale Routenführung**
- F → Verkehrsmodellierung**
- G → Sensor- und Datenfusion**
- H → Multimodalität**
- I → Pilotanwendungen und Demonstratoren**

Anwendungen \ Expertisen:	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Traffic Tower		X				X	X		X
Meßstrecke und Meßfahrzeuge				X			X		X
Hochgenaue Relativortung von Fahrzeugen für eine verbesserte Verkehrssicherheit			X	X		X	X		X
Optische Informationssysteme (OIS)			X	X					X
Luft- und raumgestütztes Verkehrsmonitoring (Eye in the Sky, LUMOS, RAVE)		X	X	X					X
Taxi-FCD				X	X				X
Airport Limousine					X				X
Multimodale Dienstentwicklungen	X	X	X	X					X
PDA-basiertes Reisetagebuch	X		X	X			X	X	X
WiVSim		X	X						X

Das DLR im Überblick

Das DLR ist das nationale Forschungszentrum der Bundesrepublik Deutschland für Luft- und Raumfahrt. Seine umfangreichen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten sind in nationale und internationale Kooperationen eingebunden. Über die eigene Forschung hinaus ist das DLR als Raumfahrtagentur im Auftrag der Bundesregierung für die Umsetzung der deutschen Raumfahrtaktivitäten zuständig.

In 28 Instituten an den acht Standorten Köln-Porz, Berlin-Adlershof, Bonn-Oberkassel, Braunschweig, Göttingen, Lampoldshausen, Oberpfaffenhofen und Stuttgart arbeiten im DLR ca. 5.100 Personen.

Das DLR unterhält Außenbüros in Brüssel, Paris und Washington.

Die Mission des DLR umfasst die Erforschung von Erde und Universum, Forschung für den Erhalt der Umwelt und umweltverträgliche Technologien, zur Steigerung der Mobilität sowie für Kommunikation und Sicherheit. Das Forschungsportfolio des DLR reicht von der Grundlagenforschung zu innovativen Anwendungen und Produkten von morgen. So trägt das im DLR gewonnene wissenschaftliche und technische Know-how zur Stärkung des Industrie- und Technologiestandortes Deutschland bei. Das DLR betreibt Großforschungsanlagen für eigene Projekte sowie als Dienstleistung für Kunden und Partner. Darüber hinaus fördert das DLR den wissenschaftlichen Nachwuchs, betreibt kompetente Politikberatung und ist eine treibende Kraft in den Regionen seiner Standorte.



DLR

**Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.**

in der Helmholtz-Gemeinschaft

**Programmdirektion
Weltraum und Verkehr**

Linder Höhe
51147 Köln

www.DLR.de