

Ulrike Stopka

Herausforderungen und Potenziale von Mobilfunk-, Ortungs- und Navigationsdiensten in Güterverkehr und Logistik

1 Deutschland als Logistikstandort und Drehscheibe des Güterverkehrs

Die Logistik ist mit rund 190 Mrd. Euro Brutto-Umsatzvolumen und 2,6 Mio. Beschäftigten die drittgrößte Branche nach Handel und Automobilindustrie in Deutschland. Mit einem Anteil von 21 % am europäischen Umsatzvolumen der Logistikwirtschaft stellt Deutschland den mit Abstand bedeutendsten Logistikmarkt in Europa dar [1].

Erfolgsfaktoren liegen insbesondere in der zentralen geografischen Lage des Landes, in der Wirtschaftskraft (Exportnation, Binnennachfrage von mehr als 80 Mio. Einwohnern), der guten Verkehrs- und Kommunikationsinfrastruktur, der im internationalen Vergleich hervorragenden Qualität der Logistikdienstleister, den relativ kostengünstigen Logistikleistungen bei sehr hohem Know-how und nicht zuletzt dem stabilen Niveau der Rechtssicherheit für die an der logistischen Leistungserstellung beteiligten Akteure [2, S. 48].

Der von der Bundesregierung 2008 beschlossene „Masterplan Güterverkehr und Logistik“ verfolgt die Zielstellung, international wettbewerbsfähige Rahmenbedingungen für den Logistikstandort Deutschland stärker zu fördern, die Effizienz des Gesamtverkehrssystems angesichts einer prognostizierten Zunahme der Güterverkehrsleistung um 80 % bis 2025 [3] spürbar zu erhöhen und eine verbesserte Kapazitätsauslastung der Verkehrswege zu ermöglichen. Er sieht eine Vielzahl von Einzelmaßnahmen vor, die gezielt auf verstärkte Investitionen in die verkehrstelematische Infrastruktur auf Autobahnen, in städtischen Bereichen, in Häfen sowie im Bahnverkehr

(European Train Control System) ausgerichtet sind. Darauf aufbauend soll den Transportunternehmen, der verladenden Wirtschaft sowie sonstigen Akteuren am Güterverkehrsmarkt ein deutlich attraktiveres Angebot an Verkehrsinformations- und Kommunikationsdiensten zur Effizienzsteigerung der Transport- und Logistikprozesse bereitgestellt werden.

2 Zur Bedeutung von mobilen Funkdiensten für die Transportlogistik

Logistik als Prozess der integrierten Planung, Steuerung, Durchführung, Optimierung und Kontrolle von Material- und Warenflüssen einschließlich der damit verbundenen Informationsflüsse umfasst verschiedene Subsysteme wie Beschaffungs-, Produktions-, Distributions-, Lager-, Verpackungs- und Entsorgungslogistik. Hinzu kommt die Transportlogistik. Sie ist die verbindende Komponente und dient der Überwindung der räumlichen Distanzen von Gütern und Waren (Verkehrsobjekte) zwischen verschiedenen Orten. Dabei werden Verkehrsmittel (Kraftfahrzeuge, schienengebundene Fahrzeuge, Flugzeuge, Schiffe usw.) entlang von Trassen einer Verkehrsinfrastruktur bewegt. Verkehrsobjekte und Verkehrsmittel sind per se mobil. Während des Transportprozesses generieren sie eine Vielzahl von Informationen und Daten über ihren Aufenthaltsort, die Fahrtroute, die Beschaffenheit der Ladung und der Transportmittel, aber auch über die Verkehrsverhältnisse, Witterungsbedingungen, Verkehrsstörungen, Parkplatzsituationen usw. Diese Verkehrs- und Umfelddaten werden auf verschiedensten Wegen erhoben, einmal

Im Beitrag werden die grundlegenden funkbasierten Kommunikationstechnologien sowie deren Eignung und Einsatzmöglichkeiten in der telematikgestützten Transportlogistik diskutiert und um die erforderlichen Ortungs- und Navigationsdienste ergänzt. Diese können sowohl auf Basis zellulärer Netzwerke als auch mithilfe von Satelliten realisiert werden. Es wird insbesondere auf Satellitennetzwerke unter besonderer Berücksichtigung des im Aufbau befindlichen zivilen europäischen Galileo-Systems eingegangen. Dessen Potenziale für vielfältige Telematikanwendungen im Transport sowie zur Vernetzung verkehrsträgerübergreifender Prozesse werden ebenso vorgestellt wie ihr notwendiges Zusammenwirken mit terrestrischen Funknetzwerken oder funkbasierten Identifikationstechnologien (RFID). Zwei Anwendungsbeispiele aus dem Bereich des Trackings von Güterwagons im Bahnverkehr und der Container-Überwachung im Schiffsverkehr runden die Ausführungen ab.

The freight transportation industry is characterised by time-sensitive processes susceptible to disruptions, delays, breakdowns, etc. The paper thus discusses the capabilities of the most important wireless communication, positioning and navigation technologies for improving transport and logistics processes. They can be implemented on the basis of either terrestrial cellular wireless networks or satellites. Satellite networks, in particular, are addressed in the context of the European-controlled independent civil satellite system Galileo, which is being currently established. The challenge is its integration with terrestrial wireless networks and corresponding identification technologies (RFID). The objective of advanced wireless communication, positioning and navigation services is to deliver more information during the supply chain, including shipments in connection with mobile business. Examples of freight wagon tracking and container monitoring in shipping complete the explanations.

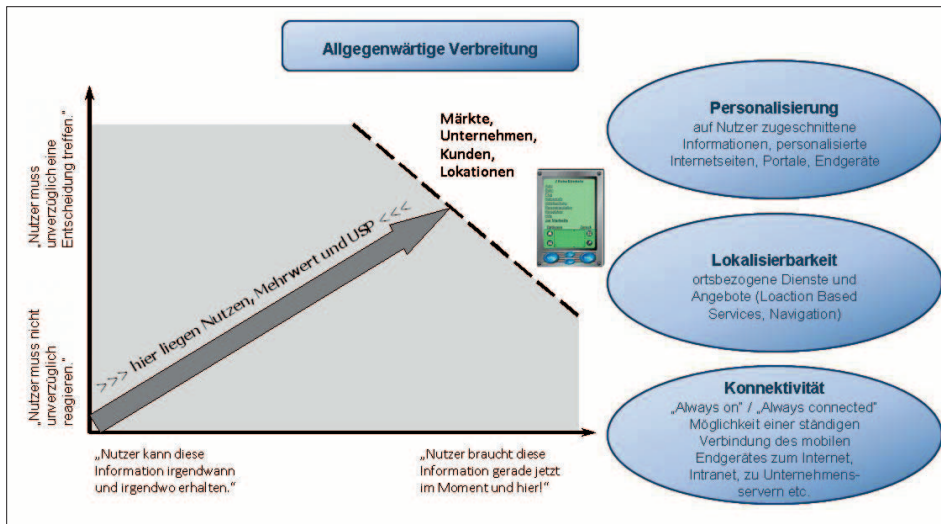


Bild 1. Mehrwert funkgestützter Mobilitätsdienste

durch die Fahrzeuge selbst (z. B. Radar-, Infrarot-, Video- oder Ultraschallsensoren, Kilometerzähler usw.) und zum anderen durch die verkehrstelematische Infrastruktur, die über, an oder direkt in den Verkehrstrassen installiert ist (Videokameras, Lichtschranken, Induktionsschleifen, Infrarot- und Mikrowellenbaken sowie andere ortsfeste Informationsspeicher und -sender, Infrarotdetektoren, Ultraschallmessgeräte usw.). Um diese Daten für Zwecke des Flottenmanagements, der Sendungsverfolgung, Ladegüterüberwachung, für Just-in-Time- bzw. Just-in-Sequence-Belieferungen oder für elektronische Fracht- und Laderaumbörsen nutzen zu können, werden sie funkgestützt auf terrestrischem Wege oder über Satelliten übertragen, in den entsprechenden Dispositions- und Leitzentralen der beteiligten Partner ausgewertet und verarbeitet. Diesen spezifischen warenbegleitenden Informationsflüssen können mobile Informations- und Kommunikationsdienste, deren Mehrwert vor allem in der allgegenwärtigen Verbreitung, ständigen Lokalisierbarkeit und Konnektivität (vgl. Bild 1)

besteht, von der Natur der Sache her am besten Rechnung tragen.

Telematikgestützte Transportlogistik basiert auf einer Vielzahl von Basistechnologien, die in Bild 2 dargestellt sind. Sie ermöglichen im Zusammenspiel die Bereitstellung von transportvorbereitenden, -begleitenden und -auswertenden Telematikdiensten.

Neben der Sprach-, Daten- und Bewegtbildkommunikation zwischen den Fahrzeugen und ortsfesten Dispositions-, Leit- und Managementzentralen verschiedenster Art ist die Bestimmung der Fahrzeugposition (Ortung) in einem topografischen Raum für die Transportlogistik von fundamentaler Bedeutung. Dazu werden auf Koppelnavigation basierende fahrzeugautonome, mobilfunkgestützte oder satellitengestützte Ortungssysteme sowie in geringerem Umfang Bakenysteme eingesetzt (vgl. Bild 5). Die Positionsbestimmung mobiler Objekte ist aufs engste mit der Navigation, d. h. dem Berechnen des optimalen Weges zum Ziel sowie dem Führen des Fahrzeuges bzw.

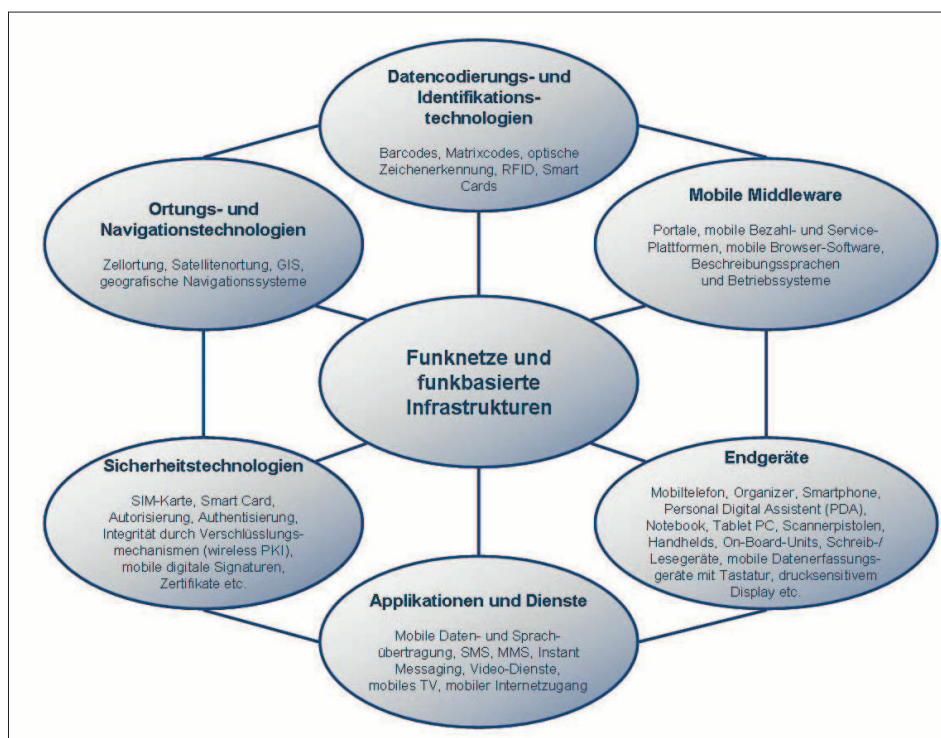


Bild 2. Basistechnologien für telematikgestützte Transportlogistik

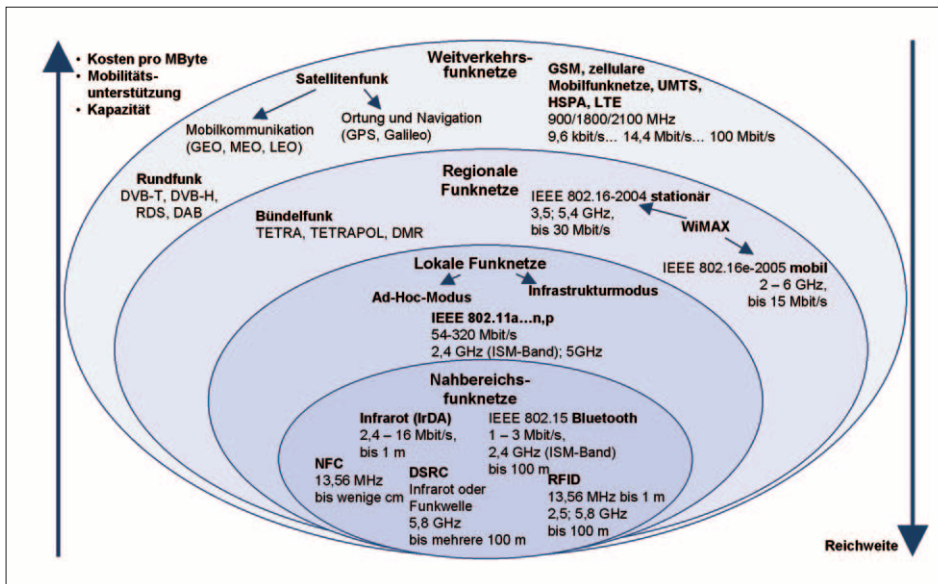


Bild 3. Funktechnologien im Vergleich (in Anlehnung an [11])

einer Fahrzeugflotte zu diesem Ziel verbunden. Damit liegen telematikgestützten Diensten im Rahmen der Transportlogistik im Wesentlichen drei Kategorien von Funkdiensten zugrunde:

- Mobilfunkdienste
- Ortungsfunkdienste und
- Navigationsfunkdienste.

Die in der Transportlogistik am häufigsten zum Einsatz kommenden Funktechnologien zeigt Bild 3 im Überblick. Sie verfügen über sehr unterschiedliche Charakteristika hinsichtlich:

- Reichweiten
- Datenraten
- Dienstperformance
- Flächendeckung
- Kapazität
- Grad der Mobilitätsunterstützung und/oder
- Kosten pro MByte.

In Abhängigkeit der funkmäßig abzudeckenden Gebiete wird üblicherweise eine Einteilung in Nahbereichs-, lokale, regionale und Weitverkehrsfunknetze vorgenommen.

3 Funkgestützte Kommunikationsdienste in der Transportlogistik

Im Bereich der Weitverkehrskommunikation dominieren zweifelsohne die Mobilfunkdienste der 2. und 3. Generation (GSM und UMTS), die eine Vielzahl von Telematikdiensten in der Transportlogistik abdecken. Das reicht vom mobilen Zugriff auf unternehmenseigene Server durch Einbindung in Virtuelle Private Netzwerke (VPN) und Übertragung der von mobilen Datenerfassungsgeräten (Scannern, TabletPCs, RFID-Lesegeräten etc.) generierten Daten zur Verarbeitung im Rahmen elektronischer Warenwirtschaftssysteme bis hin zu Flottenmanagementsystemen und Location Based Services. Mit der Weiterentwicklung in Richtung 4. Mobilfunkgeneration (Long Term Evolution) steht heute bereits mit High Speed Packet Access (HSPA) eine Datenrate von 7,2 Mbit/s im Downlink zur Verfügung, die schrittweise bis 14,4 Mbit/s und weiter in Richtung 100 Mbit/s ausgebaut werden soll. Diese hohen Übertragungs-

geschwindigkeiten werden aber nur bei sehr geringer Mobilität der Teilnehmer erreicht. Bei den mobilen Anwendungen in der Transportlogistik spielt allerdings weniger eine extreme Breitbandigkeit als vielmehr die umfassende Funkabdeckung auch in entlegeneren Gebieten sowie die Stabilität und Zuverlässigkeit der Datenverbindung eine entscheidende Rolle. Für Zwecke der Transportlogistik kommen bei geringerer Reichweitenforderung (regionaler Bereich) auch digitale Funkdienste zur Anwendung, die ausschließlich für professionelle Anwender in Form von digitalen Bündelfunksystemen konzipiert wurden. Die häufig angeführten TETRA (Terrestrial Trunked Radio) und TETRAPOL-Bündelfunknetze mit spezifischen Dienstmerkmalen werden hauptsächlich von Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (Polizei, Feuerwehr, Rettungsdienste), aber auch von Verkehrsunternehmen im öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) oder auf Flughäfen genutzt. Bei geringeren Anforderungen oder kleineren Flotten, so wie sie im straßengebundenen Transportgewerbe vorherrschend sind, bieten Bündelfunksysteme auf Basis des DMR-Standards (Digital Mobile Radio) sehr gute logistikunterstützende Angebote, wie schnelle Positionsbestimmung durch eingebaute GPS-Empfänger, erweiterte Servicequalität (z. B. Selektivruf, Gruppenruf, Prioritätsruf), integrierte IP-Datenübertragung, Statusübertragung, Kurzdatenübertragung, niedrige Betriebskosten und einfache Bedienung. Dies ermöglicht eine umfassende Flottensteuerung und die Nutzung von Dispositionssystemen im schmalbandigen Bereich. Allerdings weist DMR keine zellulare Netzstruktur auf und ermöglicht damit kein Roaming, was die regionale Reichweite deutlich einschränkt. Inwieweit die Breitband-Funktechnologie WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access), die ähnlich wie Bündelfunksysteme auch nur eine regionale Funkabdeckung, aber deutlich höhere Datenraten aufweist, für Zwecke der Transportlogistik Einsatz finden wird, hängt davon ab, inwieweit es dieser relativ jungen Funktechnologie gelingt, mit tragfähigen Geschäftsmodellen ihren Platz in der vielfältigen Mobilfunklandschaft zu finden. Der WiMAX Standard IEEE 802.16 bietet zwei grundsätzliche Anwendungsszenarien: zum einen den Standard 802.16d-2004 für die stationäre bzw. nomadische Breitbandversorgung, auch als „fixed WiMAX“ bezeichnet, und zum anderen den Standard

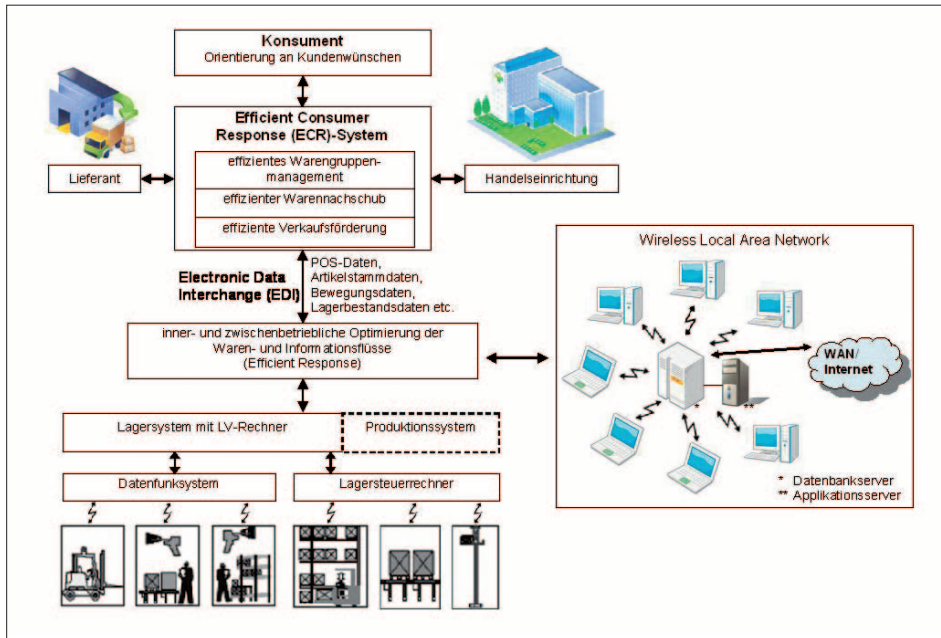


Bild 4. WLAN-Netze in der Handelslogistik (in Anlehnung an [12])

802.16e-2005, der für mobile Anwendungen konzipiert wurde.

Fixed WiMAX wird heute punktuell für ortsfeste Breitbandanschlüsse in städtischen Bereichen eingesetzt. Das größere Potenzial liegt aber in der funkgestützten Breitbandanbindung von Teilnehmern in ländlichen und strukturschwachen Räumen, die mit anderen Zugangstechnologien wie DSL oder TV-Kabelinfrastruktur nicht wirtschaftlich zu versorgen sind. Damit sind auch Business-Kunden aus dem Bereich Güterverkehr und Logistik, die ihren Firmensandort in derartigen Gebieten haben, mit Breitbandanschlüssen ausrüstbar.

Mobile WiMAX wird hingegen einen beweglichen breitbandigen Internetzugang bieten und ähnelt den klassischen zellularen Mobilfunkverfahren, die den Wechsel der Funkzelle im laufenden Betrieb (Handover) ermöglichen. Das bedeutet für die Netzbetreiber regional flächendeckende WiMAX-Netze aufzubauen, was sich angesichts der UMTS-Konkurrenz unter betriebswirtschaftlichen Gesichtspunkten als schwierig erweist. Bei attraktiven Dienste- und Preisangeboten könnte mobile WiMAX auch für Anwender im Bereich der Transportlogistik von Interesse sein, da Geschwindigkeiten bis zu 120 km/h und Datenraten von 15 bis 20 Mbit/s erreicht werden sollen. Endgeräte, die den mobile WiMAX Standard unterstützen, sind bereits auf dem Markt.¹

Im lokalen Bereich mit Reichweiten von 100 m bis höchstens 300 m im Freien bietet die WLAN-Technologie (Wireless Local Area Network) der Standardfamilie IEEE 802.11a...p mit Datenraten bis 54 Mbit/s und künftig bis 300 Mbit/s ein umfangreiches Einsatzfeld für telematikgestützte Logistikprozesse. Das betrifft im Wesentlichen die innerbetriebliche funkbasierte Datenübertragung in Güterverkehrs- und Logistikunternehmen selbst bzw. bei deren Kunden über WLAN im Infrastruktur- oder Ad-hoc-Modus.

Im Infrastruktur-Modus übernimmt eine spezielle Basisstation (Access Point) zentrale Netzwerkfunktionen wie zum Beispiel das Roaming, unterhält Funkverbindungen zu anderen Netzwerkknoten und zu den Endgeräten und ist zum Weitertransport der Daten an Partnerunternehmen in der gesamten Liefer- und Transportkette mit Weitverkehrsfunknetzen oder regionalen Funknetzen verbunden. WLAN-Netze mit unterschiedlichen Ausdehnungsradien der einzelnen Funkzellen (Pico-, Micro- und Makrofunkzellen) werden zur Datenübertragung im Rahmen von Warenwirtschaftssystemen, Lagerverwaltungs- und Umschlagsprozessen, der Materialdisposition, beim beleglosen Kommissionieren in der Handelslogistik (vgl. Bild 4) genutzt. Beim WLAN-Betrieb im Ad-hoc-Modus werden die mobilen Rechner hingegen nur untereinander verbunden und es erfolgt keine Anbindung an ein Festnetz.

Als eine wichtige Voraussetzung für die umfassende Vernetzung von Informations- und Warenflüssen kommt der RFID-Technologie als drahtlos arbeitendes, berührungsloses Verfahren zur Kennzeichnung, Identifizierung und Produktverfolgung von Waren, Gütern und Objekten eine herausragende Bedeutung zu. Die Daten werden mithilfe von Funkwellen oder mit kapazitiver Kopplung zwischen dem mit einem Datenträger (RFID-Tag inklusive Chip und Antennenspule) versehenen Objekt und dem Lesegerät übertragen. Da die überbrückbare Entfernung zwischen Tag und Lesegerät abhängig von der Art des Tags, der Form und Größe der Antenne und der verwendeten Sendefrequenz zwischen einigen Millimetern bis in den zweistelligen Meterbereich liegen kann, zählt die RFID-Technologie zur Nahbereichskommunikation (vgl. Bild 3). Die Nutzung von RFID entlang der gesamten Kette vom Hersteller bis zum Endkunden wird in Kombination mit dem massenhaften Einsatz des Electronic Product Codes (EPC) die Geschäftsprozesse in der Herstellung, beim Transport, in der Lagerhaltung sowie im Handel automatisieren und die Vernetzung physischer Güter spürbar voranbringen. Werden digitale Logik, Sensorik und Funkübertragung noch mit Technologien zur Ortsbestimmung erweitert, entwickeln sich Güter, Container oder Transporteinheiten zu „intelligenten“ Logistikobjekten, die in der Lage sind, ihre Position selbst zu bestimmen, entsprechend einprogrammierter

¹ Notebooks, PDA, Mobilfunktelefone und ähnliche Endgeräte mit integrierten WLAN- und WiMAX-Funkschnittstellen und Empfangsantennen werden ab 2009/2010 im Massenmarkt erwartet.

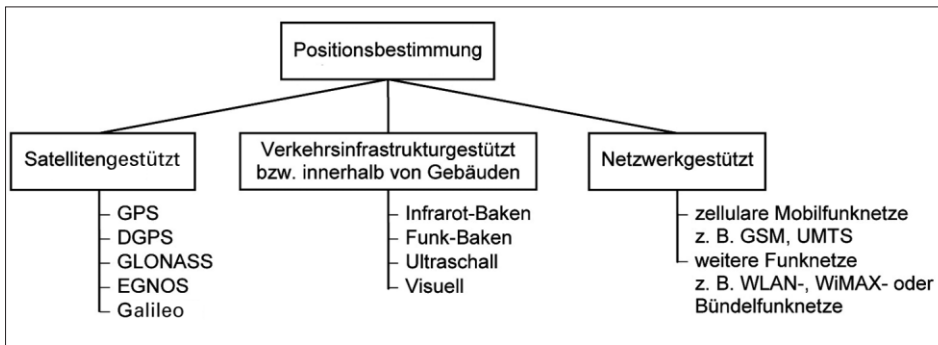


Bild 5. Grundlegende Ortungssysteme (in Anlehnung an [5, S. 278])

Regeln den optimalen Weg zum Empfänger dynamisch zu routen und mit ihrer Umwelt zu interagieren.

Eine weitere Funktechnologie im Bereich der Nahbereichskommunikation, die auch auf den Bereich von Güterverkehr und Logistik Auswirkungen hat, ist die Dedicated Short Range Communication (DSRC), die der bidirektionalen Funkwellenkommunikation zwischen Fahrzeugen (vehicle-to-vehicle) in Ad-hoc-Netzwerken sowie zwischen Fahrzeugen und straßenseitigen Infrastruktureinrichtungen wie Verkehrszeichen, Baken oder Mautkontrollbrücken (vehicle-to-roadside) dient. DSRC basiert bezüglich der physikalischen Ebene auf dem WLAN-Standard 802.11, was die Implementierung von DSRC in WLAN-Chipsätze ermöglicht. So unterstützt zum Beispiel der Substandard 802.11p die drahtlose Datenkommunikation zwischen Fahrzeugen im straßengebundenen Verkehr bei Geschwindigkeiten von bis zu 200 km/h mit einer Reichweite bis in den dreistelligen Meterbereich. Bei DSRC existiert analog zum WLAN im Ad-hoc-Betrieb kein zentraler Accesspoint, sondern eine dynamische Peer-to-Peer-Struktur, in der sich die Fahrzeuge als permanent an- und abmeldende Knoten darstellen. Diese dienen nicht nur als Datenquelle oder -senke, sondern auch als Router für andere Knoten. Die gesamte Netzstruktur entsteht auf diese Weise dynamisch durch Selbstorganisation und Selbstverwaltung [4]. Darauf können zum einen Anwendungen zur Erhöhung der Verkehrssicherheit (Unfall- und Stauwarnungen, Kollisionsvermeidung, Informationen über schlechte Straßenverhältnisse usw.) und zum anderen Dienste im Rahmen von Flottenmanagement, Gefahrguttransportüberwachung, Fahrzeugzustandsüberwachung, Tracking und Tracing von Transportgütern oder Ladeinheiten aufbauen.

Zur Überbrückung sehr kleiner Entfernungen bis ca. 10 cm Reichweite ist die Near Field Communication (NFC) im Zusammenhang mit logistischen Prozessen von Interesse. Hierbei handelt es sich um eine für sehr kurze Strecken konzipierte bidirektionale Funkkommunikation im Frequenzbereich von 13,56 MHz. Sie ermöglicht es, dass ein Lesegerät kleine Datenmengen aus anderen aktiven Geräten (z. B. Mobiltelefonen) oder passiven Medien (z. B. RFID-Tags) ausliest bzw. dass NFC-fähige Geräte direkt aktiv untereinander kommunizieren. Mobile Endgeräte mit NFC-Funktionalität sind auch in der Transportlogistik einsetzbar, so zum Beispiel zur Zutrittskontrolle und Zeiterfassung, zum automatischen Schließen und Öffnen von Fahrzeugtüren, Heckklappen usw. in der Zustelloogistik oder für anderweitige Mensch/Maschine-Schnittstellen.

² Mit 95%iger Wahrscheinlichkeit.

4 Ortungs- und Navigationsdienste

Neben funkgestützten Kommunikationsdiensten benötigen Telematikanwendungen in Güterverkehr und Logistik zwingend Ortungs- und Navigationstechnologien. Eine grundsätzliche Klassifikation von Systemen zur Positionsbestimmung mobiler Objekte stellt Bild 5 dar.

Im Folgenden soll vor allem auf die Satellitennetze und die darauf abgestützten Verfahren und Dienste für Ortungszwecke eingegangen werden. Derzeit gibt es drei Satellitenortungssysteme, von denen nur das erste voll funktionsfähig ist:

- das US-amerikanische Global Positioning System (GPS)
- das russische Globalnaya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema (GLONASS) und
- das europäische Galileo-System.

Satellitenortungssysteme benutzen die Trilateration, um die Position des Empfängers zu bestimmen: Hat der Benutzer mithilfe seines GPS-Empfängers die Position dreier Satelliten (S_i) sowie seine Entfernung (r_i) zu diesen ermittelt, liegt die Position des Benutzers genau im Schnittpunkt dreier Kugeloberflächen. In Bild 6 sind aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht die Kugeloberflächen, sondern nur deren Schnitte mit der Erdoberfläche aufgezeigt [5, S. 279].

Zur Bestimmung der Entfernungen sendet jeder Satellit ein Signal, das den Zeitpunkt des Aussendens exakt codiert. Der GPS-Empfänger vergleicht diesen Zeitpunkt mit der internen Uhr und ermittelt aus dem Laufzeitunterschied der Signale über die Formel

$$r = c \cdot \Delta t$$

die Entfernung, wobei c die Lichtgeschwindigkeit von 300 000 km/s darstellt. Hierin liegt auch das Genauigkeitsproblem der Satellitenortung begründet. Die Zeitmessung muss sehr exakt sein, da bereits ein Fehler von 1 μ s zu einem Positionierungsfehler von ca. 300 m führt [5, S. 280]. Jeder Satellit ist deshalb mit einer Atomuhr ausgestattet, was aber in den mobilen Geräten der Nutzer aufgrund des zu hohen Platzbedarfs und der Kosten nicht möglich ist. Deshalb wird auf einen vierten Satelliten zur Positionsbestimmung zurückgegriffen.

Das GPS-Satellitensystem, das 1995 seine vollständige Betriebsbereitschaft erreicht hatte, umfasst 24 Satelliten auf sechs Bahnen mit jeweils vier Satelliten pro Umlaufbahn, sodass eine globale Abdeckung erreicht wird. Der Standard Positioning Service steht als Ortungsdienst für zivile Zwecke kostenlos zur Verfügung und bietet eine Genauigkeit von ca. 25 m in der Horizontalen und ca. 43 m in der Vertikalen² [5, S. 286]. Werden höhere Genauigkeiten

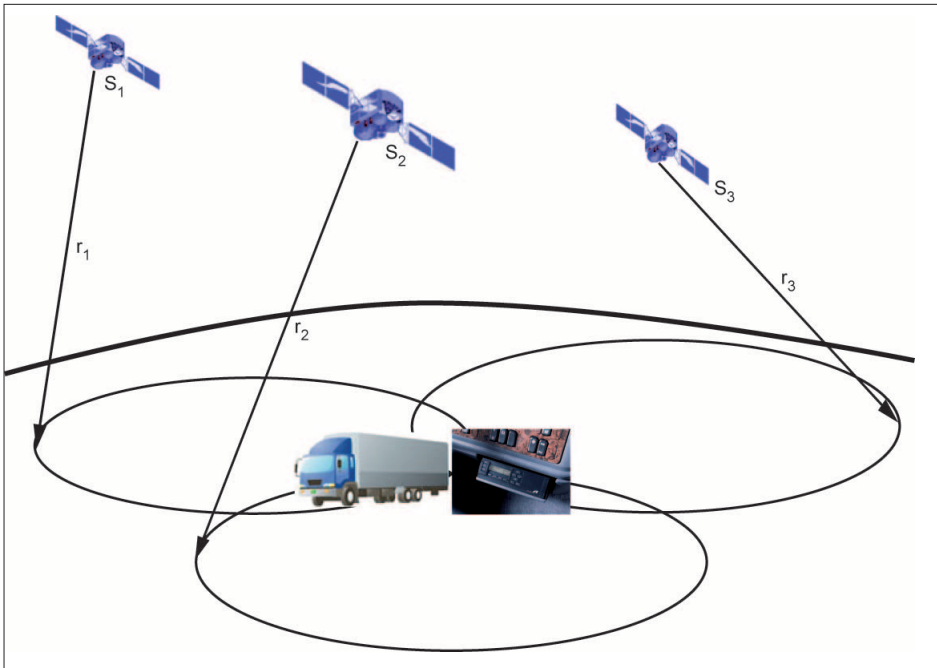


Bild 6. Prinzip der Ortung eines mobilen Endgerätes durch Satelliten [5, S. 280]

benötigt, kommt das Differential GPS zum Einsatz, bei dem zusätzliche Referenzstationen genutzt werden, die durch das Ausstrahlen von Korrekturdaten (Bahn- und Zeitsystem) die Genauigkeit der GPS-Navigation je nach Qualität der Korrekturdaten und des Empfängers auf ca. 1 m bis 3 m verbessern können [5, S. 292].

Der Wunsch nach Unabhängigkeit der Europäischen Union vom amerikanischen GPS-System, dessen immer noch unzureichende Navigationsgenauigkeit sowie die wirtschaftlichen Potenziale eines attraktiven Wachstumsmarktes für Produkte und Dienstleistungen im Bereich der Satellitennavigation führten dazu, dass 2003 der Startschuss für den Aufbau eines eigenständigen europäischen zivilen Ortungs- und Satellitennavigationssystems für die weltweite Nutzung als gemeinsames Projekt der EU und der Europäischen Weltraumorganisation ESA gegeben wurde. Galileo basiert auf den gleichen Prinzipien wie GPS und GLONASS und wird aus insgesamt 30 Satelliten bestehen, die in Höhe von 23 600 km die Erde umkreisen. Zusammen mit den bodengebundenen Kontrollstationen garantieren sie eine globale Abdeckung. Die etwa 1,6 Mrd. Euro Entwicklungskosten, die bis 2009/2010 anfallen, werden hälftig von der EU und der ESA getragen. Die geplanten finanziellen Mittel von 3,4 Mrd. Euro für den Aufbau des Systems (2007 – 2013) kommen aus dem EU-Haushalt, während der spätere Betrieb mit spürbarer Beteiligung der privaten Wirtschaft realisiert werden soll. Laut Prognosen der EU wird der Markt für Satellitennavigation und -ortung bis 2025 ein Volumen von 400 Mrd. Euro erreichen. Bis 2020 sollen rund 3 Mrd. Galileo-Empfangsgeräte in Betrieb sein [7].

Der European Geostationary Navigation Overlay Service (EGNOS) als Vorläufer von Galileo, der vom Ansatz her auf dem DGPS beruht, ist bereits in Betrieb. Im Dezember 2005 und April 2008 sind die ersten zwei Testsatelliten Giove-A und Giove-B (Galileo In-Orbit Validation Element) vom kasachischen Baikonur aus in den Orbit geschickt worden. Giove-B ist mit einer hochpräzisen Atomuhr ausgestattet, die später bei allen Galileo-Satelliten zum Einsatz kommen soll und mit einer Ganggenauigkeit von 1 ns (10^{-9} s)

Abweichung pro Tag neue Maßstäbe für die Ortungsgenauigkeit setzt. Durch die ergänzenden Bodensysteme wird die Genauigkeit aus regionaler Sicht bei 4 m, aus lokaler Sicht bei 1 m liegen [8]. Galileo wird fünf Dienstgruppen mit einem differenzierten Leistungs- und Sicherheitsniveau anbieten, die auf mehreren Satellitensignalen mit unterschiedlichen Eigenschaften aufbauen:

- ein kostenloser, offener Dienst zu Ortungs-, Navigations- und Zeitsynchronisationszwecken für Massenmärkte
- ein kommerzieller Dienst mit Zusatzinformationen zur Aufwertung der Produktpalette für gewerbliche Endanwender zum Beispiel in den Bereichen Flottenmanagement, Netzsynchronisation oder Vermessungswesen
- ein Safety-of-Life-Dienst für sicherheitskritische Anwendungen im Bahnverkehr sowie in der Luft- und Schifffahrt mit Informationen zur Integrität der Satellitendaten (Anwender werden über eine mögliche Fehlfunktion des Systems in Kenntnis gesetzt)
- ein öffentlich regulierter Dienst für hoheitliche Aufgaben (z. B. Zoll, Polizei) mit verschlüsselten Signalen sowie
- ein Such- und Rettungsdienst [8].

Das moderne hochpräzise Satellitenortungs- und -navigationssystem soll den dominierenden Anteil der Erlöse im Bereich Verkehr und Mobilität erwirtschaften, wobei die heute bereits auf GPS abgestützten Dienste durch die umfassende Verfügbarkeit der Signale zum Beispiel auch in Tunneln, Tiefgaragen und Gebäuden sowie durch die erhöhte Genauigkeit und Zuverlässigkeit des Galileo-Systems innovative Erweiterungen erfahren werden. Für die Transportlogistik ergeben sich daraus verbesserte Routing-Angebote und Flottenmanagement-Dienste im Straßenverkehr, erweiterte Dispositionsmöglichkeiten für Schienengüterverkehre und Wagenumläufe bei der Bahn, bei der Sendungsverfolgung oder im Rahmen von Lager-, Umschlags- und Warenwirtschaftssystemen im Zusammenspiel mit der RFID-Technik. Galileo wird wesentlich bessere Optionen der Fusion von Satellitensignalen und Sensordaten, die zum Beispiel aus einem Multisensor-Ansatz in Fahrzeugen generiert werden, bieten. Dennoch gibt es bei

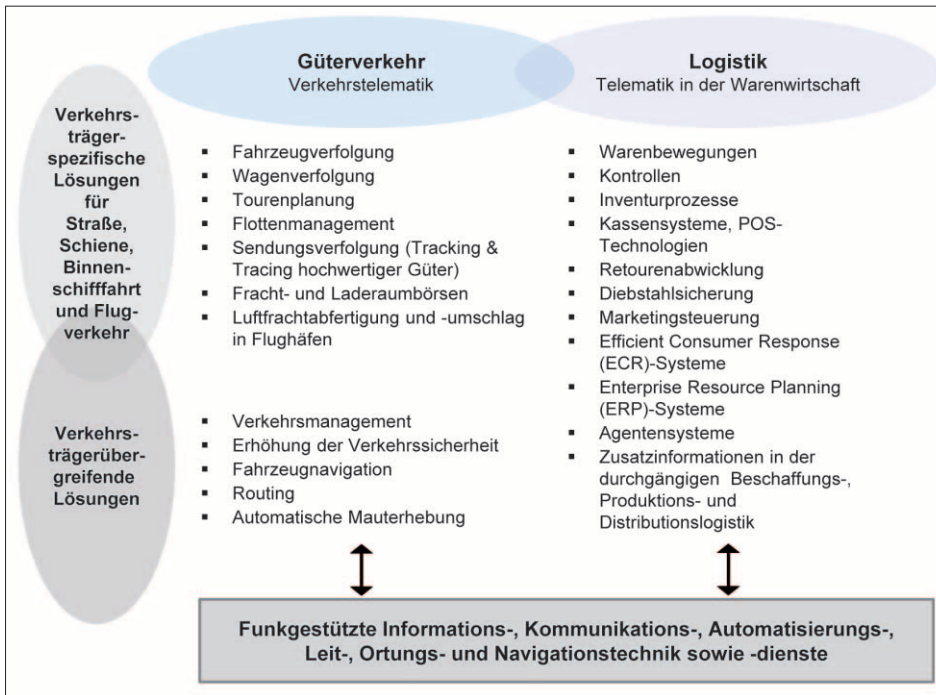


Bild 7. Funkbasierte Telematikanwendungen in Güterverkehr und Logistik

der Bewertung der Potenziale von Galileo derzeit durchaus eine Reihe offener Fragen und kritischer Aspekte. Diese berühren gemäß PLANK-WIEDENBECK [6] vor allem folgende Problemkreise:

- Es gibt zu wenig abgestimmte Initiativen, um innovative Anwendungen in Verkehr und Logistik, die die technologischen Vorteile von Galileo nutzen, im Gleichklang mit der Endgeräteentwicklung voranzutreiben.
- Wichtige Spezifikationen wie zum Beispiel der Empfang von Integritätsdaten sollten für Massenanwendungen im Verkehr kostenlos zur Verfügung gestellt werden.
- Insgesamt fehlt eine geschlossene Strategie für Galileo-Anwendungsentwicklungen, die von der Politik (Telematik-Rahmenplan, Masterplan o. ä.), dem Verkehrssektor, der exportorientierten Industrie sowie der Forschung getragen wird und zum Aufbau eines international führenden Zentrums für Galileo-Anwendungsentwicklungen führen könnte.

5 Anforderungen, Bedarf und Anwendungsbeispiele von Mobilfunk-, Ortungs- und Navigationsdiensten in der Transportlogistik

Güter- und Warenflüsse sowie funkbasierte Netzwerke bilden in ihrer Einheit eine wichtige infrastrukturelle Basis für vielfältige Telematikanwendungen in den komplexen Systemen von Güterverkehr und Logistik (vgl. Bild 7).

Informationen in der Transportlogistik müssen

- durchgängig im Innen- und Außenbereich über alle Verkehrsträger und Unternehmensgrenzen hinweg zur Verfügung stehen
- umfassend und verlässlich sein, zum Beispiel durch Kopplung von Basisdaten mit weiterer Sensorik zur Erfassung von Temperaturen, Erschütterungen, Beschädigungen, Manipulationen usw.
- durch ereignisgesteuerten Zugriff jederzeit abrufbar sowie
- kostengünstig generierbar und übertragbar sein.

Damit kommt es auf die Verknüpfung der verschiedenen aus Bild 3 ersichtlichen Mobilfunk-, Ortungs- und Navigationstechnologien, deren Standardisierung und offene Schnittstellengestaltung an. Nur so können sich verkehrsträger- und unternehmensübergreifend alle Akteure an der Lieferkette – auch mittelständische Anbieter – beteiligen. Die Vielzahl unterschiedlicher Informationen, die entlang der logistischen Kette entsteht, ist mithilfe entsprechender Middleware als komplexes Dienstangebot, wie zum Beispiel Tracking- und Tracing-Dienste, Messaging- und Fleet Monitoring Systeme, dynamische Routingsysteme oder Behälter-Managementsysteme für die verladende Wirtschaft, Verkehrsunternehmen und Logistikdienstleister zu etablieren.

Stellvertretend für die in Bild 7 aufgezeigten vielfältigen Einsatzmöglichkeiten von funkgestützten Telematikdiensten in Güterverkehr und Logistik sollen zwei praktische Anwendungsbeispiele zusammenfassend kurz vorgestellt werden.

Lösungen im Schienengüterverkehr

Eines der wichtigsten Probleme für Eisenbahnvertriebsunternehmen und Eigentümer von Wagenflotten ist die Beantwortung solcher Fragen wie: Wo ist der aktuelle Aufenthaltsort der Wagen? Wie ist der Zustand der Ladung? Werden die Umschlagsorte pünktlich erreicht und die Umschlagszeiten eingehalten?

Zur Generierung von derartigen Informationen sowie von Daten zu Laufleistung, Revisionsfristen, Umläufen, Produktivität oder zum technischen Zustand der Güterwagenflotte hat die Railion Deutschland AG 13 000 bis 15 000 Waggons mit GPS-Ortung und GSM/SMS-Kommunikation (Nav-Master) ausgestattet (vgl. Bild 8).

Am Abfahrtsbahnhof erhält das Telematik-Gerät vom Auftragsmanagement der Bahn den Tourenplan. Zur Telematikausrüstung eines Waggons gehören der Stoß- und Bewegungsmesser. Ersterer löst direkte Eingriffe aus, wenn Güterwagen zu hart aufeinanderfahren oder zu heftigen Rangierstößen ausgesetzt werden. Der Bewegungsmesser übermittelt dem Kunden-Service-Zentrum in Duisburg, ob

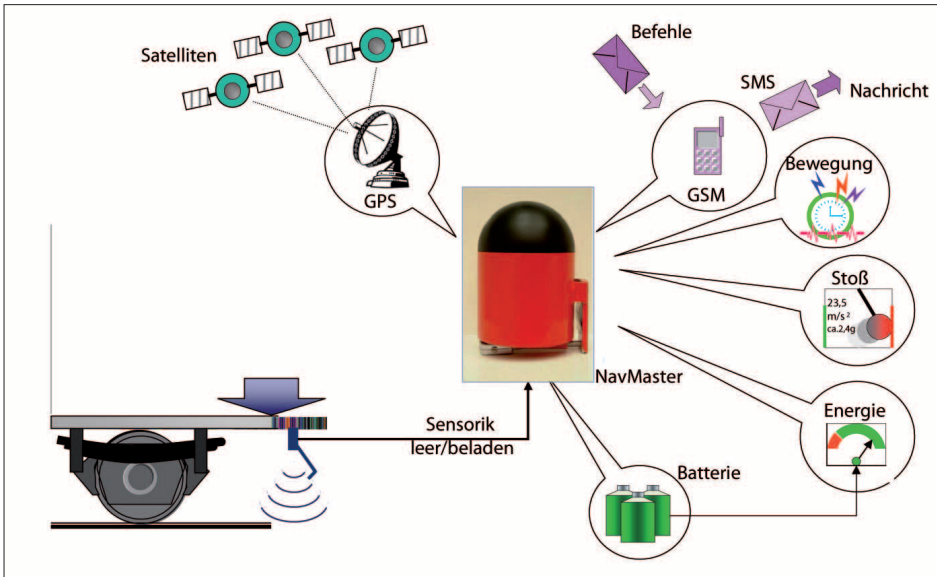


Bild 8. Ausstattung von Güterwagen mit Telematikausrüstungen zur fahrzeuggestützenden Ortung und Kommunikation [9, S. 41]

der Wagen von einem bestimmten Bahnhof aus planmäßig abgefahren ist, in Bewegung ist oder steht. Dies wird mit dem Tourenplan abgeglichen und die Eisenbahner können bei Abweichungen direkt reagieren. Ein weiterer Sensor ermittelt den Beladezustand des Güterwagens als wichtige Information für die Fahrzeugdisposition. Künftig werden weitere Sensoren zur Ermittlung der exakten Laufleistung, zur Überwachung der Achslager und Anzeige von Heißläufern, der Feststellung des tatsächlichen Ladegewichtes und der Entfernung der Güterwagen zueinander implementiert. Auch eine innovative Sensorik, die bei Transporten stark diebstahlgefährdeter Güter unterscheiden kann, ob es sich um eine Erschütterung im Fahrbetrieb oder eine unautorisierte Öffnung der Türen handelt, wird eingesetzt. [9, S. 41]. Wie in Bild 9 aufgezeigt, kann im Zusammenspiel von Datenerfassung über Sensoren sowie funkbasierter Kommunikation und Ortung der gesamte Transportprozess gemäß Transportplan gesteuert und überwacht werden.

Bei verspätetem Grenzübertritt oder Verspätungsmeldungen, die einen definierten Unschärfbereich überschrei-

ten, kann nunmehr seitens des Transportmanagements die Umstellung von Zügen, Verkürzung von Übergangszeiten am nächsten Knotenpunkt o. ä. veranlasst werden. Damit im Gleichklang erfolgt die Berechnung und Übermittlung eines modifizierten Transportplanes an die Telematikgeräte der Güterwagen, der wiederum in der gleichen Art und Weise bis zum Erreichen des Zielbahnhofes und der Übermittlung einer Empfangsbestätigung überwacht wird. All das geschieht automatisiert durch das Fahrzeug selbst und macht aus einem Güterwagen ein intensiv genutztes, intelligentes Hightech-Produkt. Die Tracking-Informationen werden dem Transportkunden sowohl in Textform als auch geografisch als Kartenmaterial über das Dispo- und GIS-Kundenportal von Railion zur Verfügung gestellt. Aber auch die beteiligten Partner (Eisenbahnverkehrsunternehmen, Wageneigentümer usw.) werden über ein Multi-Client-Informationssystem mit den benötigten Daten versorgt [9, S. 42]. Die höhere Ortungsgenauigkeit der künftigen Galileo-Signale kommt der eisenbahnspezifischen Herausforderung nach gleisgenauen Koordinatenmeldungen spürbar entgegen.

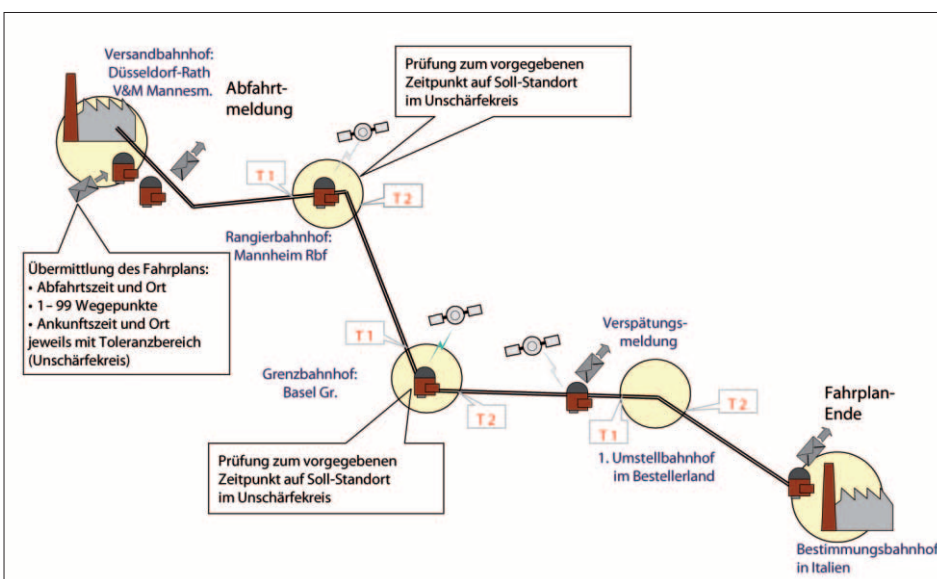


Bild 9. Netzweites Tracking und Tracing gemäß Referenztransportplan [9, S. 41]

Container-Überwachung im Schiffsverkehr

Ähnliche Ansätze wie für das Monitoring von Güterwagenflotten werden auch im Schiffsverkehr zur Überwachung von Containern und deren Ladung eingesetzt. Eine auf dem Schiff installierte GSM/GPRS-Basisstation mit Kommunikation über Satellit, ein GSM-Server sowie RFID-Chips, die im Inneren der Container angebracht sind, gewährleisten im Zusammenspiel, dass Containerschiffe ihre Fracht vollständig und in der geforderten Qualität am Zielhafen abliefern können. Dazu melden die RFID-Chips regelmäßig per Funk an die an Bord befindliche GSM-Box den aktuellen Zustand der Container. Aufgrund einprogrammierter Werte gibt der RFID-Chip bei Veränderungen sofort per SMS Alarm und liefert anbei die Angaben für eine metergenaue Ortung des einzelnen Containers [10].

6 Zusammenfassung

Transportlogistik zeichnet sich durch sensible zeitkritische und störungsanfällige Prozesse aus. Moderne Mobilfunk-, Ortungs- und Navigationssysteme ermöglichen es, von Waren, Verpackungen, Ladungsträgern oder Transportmitteln jederzeit Informationen über deren Identität, aktuelle Position, Zustand, Ziel, voraussichtliche Ankunftszeit usw. zu erhalten. Die Echtzeitverfügbarkeit dieser Daten wird durch die fortschreitende Integration von Informationstechnologien in Warenwirtschafts-, Verkehrs- und Produktionsprozesse die Möglichkeit zur automatisierten Kommunikation und Interaktion mit sogenannten „intelligenten“ Objekten bieten. Durch Kopplung von RFID-Systemen zur Objektidentifizierung mit Telematikmodulen entstehen neue Produkte und Dienstleistungen für eine gesicherte Lieferkette.

Abkürzungsverzeichnis

DAB	– Digital Audio Broadcasting
DGPS	– Differential GPS
DMR	– Digital Mobile Radio
DSL	– Digital Subscriber Line
DSRC	– Dedicated Short Range Communication
DVB-H	– Digital Video Broadcasting Handheld
DVB-T	– Digital Video Broadcasting Terrestrial
ECR	– Efficient Consumer Response
EDI	– Electronic Data Interchange
EGNOS	– European Geostationary Navigation Overlay Service
EPC	– Electronic Product Code
ERP	– Enterprise Resource Planning
ESA	– European Space Agency
GEO	– Geostationärer Orbit
GIS	– Geografisches Informationssystem
GLONASS	– Globalnaya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema (Global Navigation Satellite System)

GPRS	– General Packet Radio Service
GPS	– Global Positioning System
GSM	– Global System for Mobile Communication
HSPA	– High Speed Packet Access
ID	– Identification
IEEE	– Institute of Electrical and Electronics Engineers
IP	– Internet Protocol
IrDA	– Infrared Data Association
ISM-Band	– Industrial Scientific and Medical Band
LEO	– Low Earth Orbit
LTE	– Long Term Evolution
LV	– Lagerverwaltung
MEO	– Medium Earth Orbit
MMS	– Multimedia Messaging Service
NFC	– Near Field Communication
PDA	– Personal Digital Assistant
PKI	– Public Key Infrastructure
POS	– Point of Sale
RDS	– Radio Data System
RFID	– Radio Frequency Identification
SIM	– Subscriber Identity Module
SMS	– Short Message Service
TETRA	– Terrestrial Trunked Radio
UMTS	– Universal Mobile Telecommunications System
USP	– Unique Selling Proposition
VPN	– Virtual Private Network
WAN	– Wide Area Network
WiMAX	– Worldwide Interoperability for Microwave Access
WLAN	– Wireless Local Area Network

Literatur

- [1] Klaus, P.; Kille, Ch.: TOP 100 in European Transport and Logistics Services. 2. Aufl. Hamburg: Deutscher Verkehrs-Verlag, 2007
- [2] Stopka, U.; Woda, A.: Strategien für Güterverkehr und Logistik im internationalen Wettbewerb. In: Stopka, U.; Pällmann, W. (Hrsg.): Für eine neue deutsche Verkehrspolitik. Hamburg: Deutscher Verkehrs-Verlag, 2005
- [3] Institut für Mobilitätsforschung (ifmo): Zukunft der Mobilität – Szenarien für das Jahr 2025. Berlin: Institut für Mobilitätsforschung, 2005. S. 59
- [4] Tauschek, St.: Car Talk – Fahrzeuge kommunizieren. In: Automobil-Elektronik (2006) 2, S. 18 f.
- [5] Roth, R.: Mobile Computing. 2. Aufl. Heidelberg: dpunkt, 2005
- [6] Plank-Wiedenbeck, U.: Galileo – offene Chancen im Verkehr. Eine Provokation. In: Stopka, U.; Pällmann, W. (Hrsg.): Für eine neue deutsche Verkehrspolitik. Hamburg: Deutscher Verkehrs-Verlag, 2005. S. 145 ff.
- [7] BMVBS, Galileo: www.bmvbs.de/Verkehr/Internationale-Verkehrspolitik_3057/Galileo.htm (abgerufen am 16. Januar 2009)
- [8] DLR, Galileo: www.dlr.de/rd/desktopdefault.aspx/tabid-2439/3577_read-5294/ (abgerufen am 16. Januar 2009)
- [9] Wilke, R.: Präsentation von Anwendungspiloten für Telematikdienste in der Güterverkehrslogistik. In: Kommunikation und Mobilität – Innovation durch vernetzte Systeme. Stuttgart: Alcatel-Lucent Stiftung für Kommunikationsforschung, 2008
- [10] von der Heide, St.: Containerüberwachung auf hoher See. In: funkschau (2008) 6, S. 18
- [11] International Telecommunication Union (Hrsg.): Birth of Broadband. Genf: ITU Internet Reports, 2003
- [12] Suhl, U.: IT-Basistechnologien für Logistikprozesse. Vorlesungsskript WS 2005, <http://www.wiwiiss.fu-berlin.de/institute/pwo/suhl/downloads/index.html> (abgerufen am 14.10.2007)

Manuskripteingang: 6.11.2008

Angenommen am: 15.1.2009



Stopka, Ulrike

Prof. Dr. oec. habil.

Studium Betriebswirtschaftslehre, insbes. Ökonomie des Nachrichtenwesens von 1972 bis 1976 an der Hochschule für Verkehrswesen „Friedrich List“ Dresden ♦ 1981 Promotion zur Dr. oec. ♦ 1987 Habilitation zur Dr. oec. habil. ♦ von 1992 bis 1993 Professorin für Betriebswirtschaftslehre und Management an der Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden ♦ seit 1993 Professorin für Kommunikationswirtschaft am Institut für Wirtschaft und Verkehr, Fakultät Verkehrswissenschaften „Friedrich List“ der TU Dresden