



Anwendung von GPS in der Bahngüterlogistik

Marianne Forster

Diplomarbeit
Studiengang Geomatikingenieurwissenschaften

Juli 2005

Diplomarbeit

Anwendung von GPS in der Bahngüterlogistik

Marianne Forster
Mühlenstr. 47
CH-9030 Abtwil

Telefon: +41-71-311 60 74
Mobil: +41-76-407 03 60
marianne_forster2003@yahoo.de

Juli 2005

Diplomprofessor: Prof. Dr. U. Weidmann

Betreuung: Hannes Schneebeili

Schlagworte

Telematik, Bahngüterlogistik, GPS, GSM

Zitierungsvorschlag

Forster, M. (2005): Anwendung von GPS in der Bahngüterlogistik, Diplomarbeit, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT), Institut für Geodäsie und Photogrammetrie (IGP), ETH Zürich, Zürich.

Vorwort

Die vorliegende Diplomarbeit stellt die Abschlussarbeit meines Studiums an der Eidgenössischen Technischen Hochschule dar. Die Arbeit bewegt sich zwischen den Themenbereichen Verkehrs- und Vermessungswesen und wurde in Absprache mit Prof. Dr. U. Weidmann und Prof. Dr. H. Ingensand festgelegt.

Mit dieser Arbeit beende ich mein Diplomstudium Geomatikingenieurwissenschaften am Departement Bau, Umwelt und Geomatik. Das erworbene Wissen während des Studiums konnte ich in den 16 Wochen der Bearbeitungszeit anwenden und das Interesse an den Themen Verkehr und Vermessung festigen. Das bestehende Wissen konnte mit der Erarbeitung des aktuellen Standes in der Technik vertieft und mit neuen Erkenntnissen erweitert werden.

Für die tatkräftige Unterstützung während der Diplomarbeit möchte ich mich bei folgenden Personen herzlich bedanken:

- Prof. Dr. U. Weidmann für die Durchführung und Leitung der Diplomarbeit
- Prof. Dr. H. Ingensand für die Betreuung im Teil des Vermessungswesens
- Prof. Dr. A. Geiger für die zur Verfügungstellung der GPS-Geräte
- Jost Wichser für die wertvollen Diskussionen und Anregungen
- Hannes Schneebeli für die umfangreiche und sehr gute Betreuung während der ganzen Diplomarbeit.

Zusätzlicher Dank gebührt der SBB Cargo, namentlich Stephan Rüdlinger, Stefan Baiker und Daniel Lerch, die all meine Fragen umfassend beantwortet und mich bei der Durchführung des Feldversuches unterstützt haben.

Marianne Forster

Zürich, 15. Juli 2005

Zusammenfassung

Die SBB Cargo verfolgt die jeweiligen Standorte des Ladungs- und Rollmaterials nur indirekt. Die Lokalisierungsangaben werden durch das konsequente Erfassen des Wagenparks an Knotenpunkten gewonnen, sowie durch die Zugsicherung durch den Netzbetreiber. Aufgrund der Zugsicherung ist bekannt, in welchem Block sich momentan welcher Zug befindet. Der Netzbetreiber unterhält ebenfalls das Automatische Fahrzeug Identifikationssystem (AFI), das auf dem Schienennetz die Identifikationsnummer des Rollmaterials erfasst. Im Ausland ist das Verfolgen des Ladungs- und Rollmaterials gänzlich unmöglich. Nur mit dem 'Regolamento Internazionale Veicoli' werden die Bahnunternehmen der Nachbarländer dazu angehalten, das fremde Rollmaterial zurück zum Eigentümer zu schaffen. Alleine bei der SBB Cargo gelten 50 Güterwagen als verloren.

Zur Beurteilung der Situation wird zuerst der Produktionsprozess des Einzelwagenladungsverkehrs (EWLV) und des unbegleiteten kombinierten Ladungsverkehrs (KLV) untersucht. Eine weiterführende Analyse ergibt, dass die grössten Probleme im Datenfluss und in der mehrfachen Erfassung liegen, wenn viele verschiedene Beteiligte bei der Transportabwicklung involviert sind. Weitere Schwachstellen ergeben sich in den zeitlichen Abläufen und in der Lokalisierung. Aufgrund dieser Problemanalyse können die Bedürfnisse der Kunden und des Transportbeteiligten an ein Ortungs- und Informationssystem formuliert werden. Diese Bedürfnisse dienen als Grundlage für die Zusammenstellung eines Anforderungskataloges, der die wesentlichsten Punkte enthält, die ein Ortungs- und Informationssystem erfüllen sollte.

Als Alternative zur Ortung mittels dem Global Positioning Service (GPS) bieten sich weitere Techniken an. Doch nur die Ortung mittels Cell-of-Origin, basierend auf dem Global System for Mobile Communication (GSM), könnte für den operationellen Einsatz in Betracht gezogen werden. Doch die detaillierte Beurteilung durch das Checklistenverfahren mit Kriterien des Anforderungskataloges und die erfolgreiche Durchführung eines Feldversuches ergeben, dass GPS klar besser geeignet ist.

Basierend auf all diesen Erkenntnissen können drei Module skizziert werden, wie ein Ortungs- und Informationssystem mit GPS und weiteren Erfassungstechnologien in der Bahngüterlogistik zur Anwendung kommen könnte. Für den tatsächlichen Einsatz sind lange Testphasen unabdingbar, damit sich das System in der rauen Umgebung der Bahngüterlogistik bewährt.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort.....	I
Zusammenfassung.....	III
Inhaltsverzeichnis.....	V
Tabellenverzeichnis.....	IX
Abbildungsverzeichnis.....	X
Abkürzungsverzeichnis.....	XII
1 GPS-Ortungsverfahren in der Bahngüterlogistik.....	1
1.1 Bisheriger Einsatz von Telematikmitteln.....	2
1.2 Aufgabenstellung.....	2
1.3 Zieldefinition und Vorgehensweise.....	3
1.4 Systemabgrenzung.....	4
2 Analyse von Produktionsprozessen und aktuellen Ortungssystemen.....	11
2.1 Produktionsprozessanalyse.....	11
2.2 Aktuelle Ortungs- und Informationssysteme.....	17
2.3 Problemanalyse der Produktionsprozesse und Ortungssysteme.....	21
3 Anforderungskatalog an Ortungs- und Informationssystem.....	27
3.1 Bedürfnisse der Kunden.....	27
3.2 Bedürfnisse des Bahnunternehmens.....	28
3.3 Bedürfnisse der weiteren Beteiligten.....	30
3.4 Datenbedarf.....	31
3.5 Anforderungskatalog für den operationellen Einsatz.....	32
4 Alternative Ortungstechnologien zu GPS.....	37
4.1 GSM-Positionierungsverfahren.....	37

4.2	Photogrammetrie	45
4.3	Ortung mittels RFID-Technologie	46
4.4	Zusammenfassung der Vor- und Nachteile	49
5	Feldversuch mit GPS.....	51
5.1	Grundlagen und Geräte.....	51
5.2	Durchführung Feldversuch.....	52
5.3	Auswertung	54
5.4	Interpretation der Resultate	56
6	Evaluation eines geeigneten Ortungssystems	59
6.1	Checklistenmethode für COO und GPS	59
6.2	Kostenabschätzung.....	62
6.3	Entscheid	66
7	Module zur Anwendung von GPS	67
7.1	Modul 1: Ausrüstung aller Lokomotiven	67
7.2	Modul 2: Mobile GPS-Einheiten	68
7.3	Aufbau des Datenmanagements der Module 1 und 2	70
7.4	Modul 3: Automatische Datenerfassung	72
7.5	Aufbau des Datenmanagements von Modul 3.....	73
8	Weitere Anwendungsbereiche	75
8.1	Rollmaterialwartung	75
8.2	Statistik.....	75
8.3	Zugang zu Lokomotiven	76
8.4	Gefahrgütertransport	76
9	Weitere Entwicklungen in der Ortungstechnologie.....	79
9.1	EGNOS.....	79
9.2	GALILEO.....	80
9.3	ERTMS	82
9.4	Zellortung mit UMTS	83

9.5	Ortung mit bordautonomer Sensorik	84
10	Ausblick.....	87
10.1	Weiterentwicklungen von Telematikanwendungen in der Bahngüterlogistik.....	87
10.2	Weiterführende Fragestellungen	87
11	Schlusswort	89
12	Literaturverzeichnis	91
	Anhang	93

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Problemanalyse aktueller Ortungssysteme gemäss der Erfassungsart der Lokalisierungsdaten mit zusätzlichen Problemen des Informationsaustausches.....	24
Tabelle 2: Bedürfnisse eines Bahnunternehmens aufgeteilt in Kundenservice, Operationeller Einsatz, Pünktlichkeit, Datenfluss und Optimierung der Ressourcen.....	29
Tabelle 3: Datenaustausch zwischen Kunden und Transportbeteiligten bei Vertragsvergabe, nach Abholung der Güter und bei Verspätungen.....	31
Tabelle 4: Zusammenstellung der alternativen Ortungsverfahren mit Vor- und Nachteilen und mit Angaben zur Genauigkeit.....	49
Tabelle 5: Investitionskosten für eine GPS- oder COO Konfiguration in CHF.....	63
Tabelle 6: Gesamtsumme der Investitionskosten in CHF.....	63
Tabelle 7: Investitionskosten pro Gerät im Jahr in CHF.....	64
Tabelle 8: Anfallende Betriebskosten des Gerätes pro Jahr in CHF.....	64
Tabelle 9: Zusätzliche Unterhaltskosten des Gerätes pro Jahr in CHF.....	65
Tabelle 10: Zusammenstellung des Kostenaufwandes pro Jahr in CHF.....	65

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Zieldefinition und Vorgehensweise.....	3
Abbildung 2: Prozessablauf konventioneller Einzelwagenladungsverkehr	5
Abbildung 3: Prozessablauf unbegleiteter kombinierter Ladungsverkehr.....	6
Abbildung 4: Systemabgrenzung Informationsfluss im Mittelpunkt das Bahnunternehmens	8
Abbildung 5: Systemabgrenzung Ortungssysteme im Mittelpunkt das Bahnunternehmens	9
Abbildung 6: Einsatz von MOG zum Einlesen von Identifikationsnummern (Quelle: SBB Cargo, 2005).....	17
Abbildung 7: Zugsicherungsverfahren mittels isoliertem Gleisabschnitt (Quelle: Brändli, 2002)	18
Abbildung 8: AFI-Readerantenne zwischen den Gleisen.....	20
Abbildung 9: AFI-Tag an der Unterseite eines Fahrzeuges.....	20
Abbildung 10: Cell-of-Origin-Verfahren in Kombination mit dem TA-Effekt und der Sektorbestimmung (Quelle: Ingensand et al., 2001)	39
Abbildung 11: Fingerprint-Verfahren, Bestimmung der Position mit Mustern (Quelle: Ingensand et al., 2001).....	41
Abbildung 12: Positionsbestimmung mit Hyperbelschnittverfahren durch Laufzeitmessung zu drei Antennen	42
Abbildung 13: Positionsbestimmung mit E-OTD-Verfahren durch zusätzlicher Laufzeitmessung zu LMU.....	44
Abbildung 14: Ansicht einer CCD-Kamera.....	45
Abbildung 15: Prinzipieller Aufbau eines RFID-Systems mit RFID-Reader und –Tag (Quelle: Baiker, 2005)	47
Abbildung 16: Übersicht der getrackten Strecke von Basel nach Erstfeld	52
Abbildung 17: Versuchsanordnung des GPS-Empfängers mit einer eingebauten GSM-Einheit im Receiver	53

Abbildung 18: Versuchsanordnung μ -blox Antaris-Eval-Kit zur Aufzeichnung der getrackten Strecke	53
Abbildung 19: Benutzeroberfläche der Software μ -center mit Kartenansicht der getrackten Strecke (grün) und Angaben zur Satellitenverfügbarkeit, Orientierung und Geschwindigkeit.....	54
Abbildung 20: Sehr gute Abdeckung Schienennetz (rot) und getrackte Daten (grün) bei Küssnacht mit Kartengrundlage 1:1'000'000	55
Abbildung 21: Schlechte Abdeckung Schienennetz (rot) und getrackte Daten (grün) bei Frick mit Kartengrundlage 1:1'000'000	55
Abbildung 22: Getrackte Daten auf Karte 1:25'000 im Vergleich zur Strecke von 20m. Es ist erkennbar, in welchem Teil des Knotenpunktes sich der Güterzug befindet.....	56
Abbildung 23: Gegenüberstellung des COO- und GPS-Verfahrens aufgrund der Checklisten-Methode	61
Abbildung 24: Modul 1 mit GPS-ausgerüsteten Lokomotiven	67
Abbildung 25: Modul 2 mit kompakten Boxen auf Güterwagen oder ITE.....	69
Abbildung 26: Aufbau des Datenmanagements mit Ortungseinheit, Kommunikationseinheit und Datenbank für Modul 1 und 2.....	70
Abbildung 27: Modul 3 mit automatischer Identifikationserfassung an Knotenpunkten.....	72
Abbildung 28: Aufbau des Datenmanagements mit ID-Erfassung, Interpretationseinheit und Datenbank für Modul 3.....	74
Abbildung 29: Systemarchitektur EGNOS (Quelle: ESSP, 2005)	80
Abbildung 30: Prinzip Wirbelstrommessungen bei bordautonomen Ortungsverfahren (Quelle: Geistler, 2005)	84

Abkürzungsverzeichnis

AFI	Automatische Fahrzeug Identifikation
AOA	Angel of Arrival
CCD	Charged Couple Device
CIS	Cargo Informationssystem
COO	Cell of Origin
CS	Commercial Service
EGNOS	European Geostationary Navigation Overlay Service
E-OTD	Enhanced Observed Time Differences
ERTMS	European Rail Traffic Management System
ESA	European Space Agency
ETCS	European Train Control System
ETH	Eidgenössische Technische Hochschule
EUROCONTROL	Europäische Organisation zur Sicherung der Luftfahrt
EWLV	Einzelwagenladungsverkehr
GLONASS	GLObal'naya NAvigatsionnaya Sputnikovaya Sistema: russisches Satellitennavigationssystem
GPRS	General Packet Radio Service
GPS	Global Positioning System
GSM	Global System for Mobile Communication
GSM-R	Global System for Mobile Communication - Railway

ITE	Intermodale Transport Einheit
KLV	Kombinierter Ladungsverkehr
LMU	Location Measurement Unit
MCC	Mission Control Center
MOG	Mobile-Outdoor-Gerät
NLES	Navigation Land Earth Services
NWM	Neues Wagenmanagement
OS	Open Service
ProSURF	Système Unifié de Régulation Ferroviaire
PRS	Public Regulated Service
RFID	Radio Frequency Identification
RIMS	Ranging and Integrity monitoring Stations
RIV	Regolamento Internazionale Veicoli
SAR	Search and Rescue
SMS	Short Message Service
SoL	Safety-of-Life
TA	Timing Advanced Effect
TDMA	Zeitmultiplexverfahren
TDOA	Time Difference of Arrival
TOA	Time of Arrival
UIC	Internationaler Eisenbahnverband
WGS84	World Geodetic System 1984

1 GPS-Ortungsverfahren in der Bahngüterlogistik

Die Ladungs- und Rollmaterialverfolgung in der Bahngüterlogistik erfolgt in der Schweiz auf indirektem Weg durch die Infrastrukturbetreiber des Schienennetzes. Diese erheben die Ortungsinformationen aufgrund der Zugsicherung und stellen sie dem Bahnunternehmen zur Transportproduktion zur Verfügung. Da die Bahnunternehmen also auf die Datenlieferung der Infrastrukturbetreiber angewiesen sind, ist die optimale Nutzung der Rollmaterialressourcen eingeschränkt.

Verschärft wird die Problematik, wenn die Bahnunternehmen internationale Transporte abwickeln und das Ladungs- und Rollmaterial im Open Access (Diskriminierungsfreier Netzzugang gegen Entgelt) die Nachbarländer befahren. Sobald eine Transporteinheit über die Grenze fährt, muss sie faktisch als verloren bezeichnet werden. Nur durch internationale Verträge wie RIV, dem Regolamento Internazionale Veicoli, wird geregelt, dass die Transporteinheiten nach Abwicklung des Transportes in das Ursprungsland zurückbefördert werden müssen.

Ein Bahnunternehmen ist für die optimale Nutzung der Ressourcen auf die Lokalisierungsdaten des Ladungs- und Rollmaterials in ganz Europa angewiesen. Die direkte Erfassung der Daten durch ein Ortungssystem, unabhängig von den Infrastrukturbetreibern, ermöglicht eine Effizienzsteigerung der Produktionsabläufe. Zusätzlich kann die Kundenbetreuung intensiviert werden, da mit einem Ortungssystem die Güter der Kunden bei Bedarf lokalisiert werden können.

Für die Lokalisierung der Ressourcen eines Bahnunternehmens bietet sich in erster Linie der Einsatz des Global Positioning Systems (GPS) an. Doch gibt es weitere Ortungssysteme, die in Betracht gezogen werden müssen. In dieser Diplomarbeit werden zu Beginn die grössten Probleme bei der Abwicklung einer Bahngütertransportkette erörtert und die Bedürfnisse der Beteiligten abgeklärt. Aufgrund dieser Problemanalyse und den gestellten Bedürfnissen werden die Anforderungen der Kunden und der Transportbeteiligten an ein Ortungssystem definiert. Mittels Anforderungskatalog kann abgeschätzt werden, welches Ortungssystem sich für den Einsatz in der Bahngüterlogistik anbietet und wie dieses zum Einsatz kommen könnte. Ein Feldversuch erprobt den Einsatz von GPS in der Bahngüterlogistik. Anhand des Versuches wird der Anforderungskatalog verifiziert und mit den neuen Erkenntnissen aus der praktischen Anwendung vervollständigt.

1.1 Bisheriger Einsatz von Telematikmitteln

Betriebsleitsysteme, die mit Ortungsinformationen angereichert werden, finden sich in der Bahngüterlogistik selten, obwohl mit dem Open Access viele Bahnanbieter ins nahe Ausland operieren und auf Lokalisierungsdaten angewiesen sind. Das Rollmaterial kann nicht aktiv lokalisiert werden, wenn es im Ausland verkehrt. Durch den rasanten Fortschritt in der Ortungstechnologie mittels GPS oder Global System for Mobile Communication (GSM) drängt sich der Einsatz solcher Systeme für Logistikanwendungen auf.

Die Deutsche Bahn AG ist eines der wenigen Unternehmen, welches ihr Rollmaterial aktiv ortet. Sie setzt bei der Ortung auf GPS und hat 13'000 Güterwagen bis 2003 mit einem Gerät bestückt (DB, 2005). Die Deutsche Bahn AG setzt das System einerseits zur optimalen Nutzung der Ressourcen ein und andererseits wird es für den Kundenservice verwendet. Die Kunden richten ihre internen Abläufe auf die Just-in-Time-Produktion¹ aus und redimensionieren ihre Lagerbestände. Für den Kunden ist es somit entscheidend, dass er über allfällige Verspätungen in der Transportabwicklung frühzeitig informiert wird und nach Bedarf seine Produktionsabläufe anpassen kann.

In der Schweiz war die Lokalisierung des Rollmaterials für die SBB Cargo bis anhin nur in Zusammenarbeit mit der SBB Infrastruktur durch das System der Automatischen Fahrzeugidentifikation (AFI) möglich. Doch in fünf Jahren werden für dieses System keine Ersatzteile mehr geliefert. Es muss eine Alternative für die Lokalisierung gefunden werden.

1.2 Aufgabenstellung

In dieser Diplomarbeit sollen Überlegungen angestellt und Methoden entwickelt werden, wie die Rollmaterialverfolgung in der Bahngüterlogistik mittels moderner Ortungsverfahren verbessert werden kann. Dabei steht der Einsatz von GPS im Vordergrund, doch sollen auch andere Ortungstechnologien auf ihre Eignung überprüft werden. Als praktische Anwendung soll ein Feldversuch mit GPS durchgeführt werden.

Die Aufgabenstellung ist sehr offen formuliert und ermöglicht das selbstständige Erstellen eines Zielsystems. Der Feldversuch steht nicht im Vordergrund dieser Diplomarbeit. Mit der

¹ Bei der Just-in-Time-Produktion wird das Material erst unmittelbar vor seinem Einsatztermin bereitgestellt (Wichser, 2005)

Durchführung soll lediglich geprüft werden, ob GPS auch in der Bahngüterlogistik der Schweiz mit minimalem Aufwand realisierbar ist.

1.3 Zieldefinition und Vorgehensweise

Gemäss Abbildung 1 werden die Ziele als Erreichen von einzelnen Arbeitsschritten definiert. Als eines der Hauptziele werden die Produktionsprozesse und die Ortungsverfahren in der Bahngüterlogistik analysiert und beurteilt. Als weiteres Hauptziel wird das Erarbeiten von möglichen Einsatzgebieten eines Ortungssystems anhand verschiedener Konzepte festgesetzt.

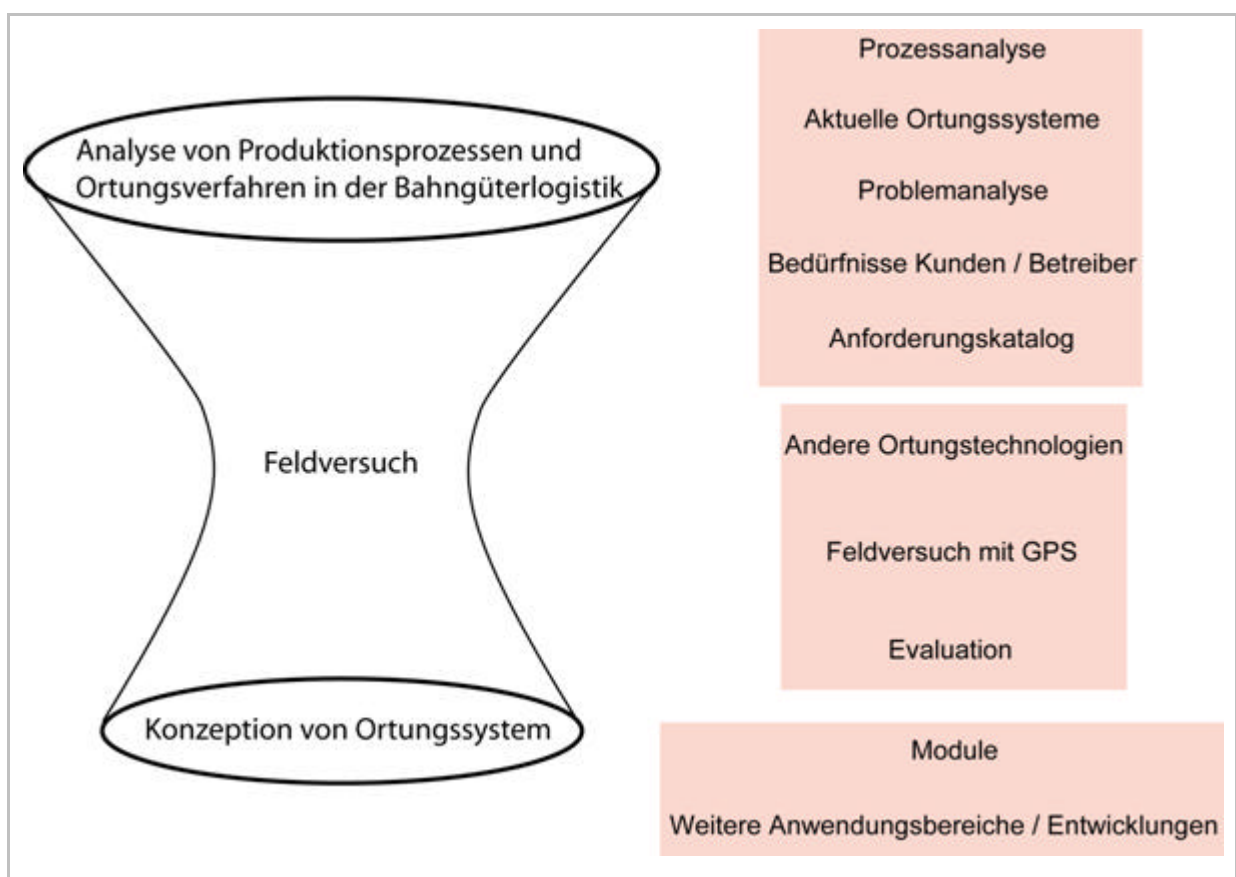


Abbildung 1: Zieldefinition und Vorgehensweise

Die Vorgehensweise (siehe Abbildung 1) richtet sich nach den Hauptzielen. In einem ersten Schritt werden die Produktionsprozesse im kombinierten Ladungsverkehr (KLV) und Einzelwagenladungsverkehr (EWLV) unter dem Aspekt des Open Access untersucht. Zusätzlich zu den Produktionsprozessen wird die Anwendung der vorhandenen Ortungsverfahren beurteilt. Dies geschieht in erster Linie durch Literaturrecherche und Gespräche mit Experten.

Nach der Grundlagenbeschaffung werden die Probleme ermittelt, die sich aus der Analyse der Produktionsabläufe und der aktuellen Ortungssysteme ergeben. Bei der Problemanalyse werden alle Probleme aufgelistet und in Schwerpunktfelder eingeteilt. Diese Problemanalyse dient wiederum als Grundlage für die Beschreibung der Bedürfnisse, die Kunden und Transportbeteiligte an ein mögliches Ortungssystem stellen. In einem weiteren Schritt werden die Anforderungen definiert, die ein System erfüllen soll.

Laut Zieldefinition (siehe Abbildung 1) wird abgeklärt, ob andere Ortungstechnologien als Alternative für GPS realisiert werden können. Da GPS sich in anderen Aufgabenstellungen durchgesetzt hat, wird ein Feldversuch durchgeführt und untersucht, ob dieses System in der Bahngüterlogistik zum Einsatz kommen könnte. Mit dem Checklistenverfahren wird aufgrund des Anforderungskataloges, der die detaillierten Kriterien enthält, evaluiert, welches der Systeme sich für den tatsächlichen Einsatz besser eignet. Zusätzlich soll eine Kostenabschätzung aufklären, mit welchen Dimensionen bei einer Realisierung gerechnet werden muss.

Aufgrund all dieser Erkenntnisse werden Module skizziert, wie der operationelle Einsatz von GPS realisiert werden kann. Weitere Anwendungsbereiche werden untersucht, die anhand der erhobenen Lokalisierungsdaten realisiert werden können. Zum Abschluss wird in die Zukunft geblickt und insbesondere das Entwicklungspotential in der Ortungstechnologie beurteilt.

1.4 Systemabgrenzung

Ein Ortungs- und Informationskonzept wird sowohl für den konventionellen Einzelwagenladungsverkehr (EWLV) als auch für den unbegleiteten kombinierten Ladungsverkehr (KLV) entwickelt. Im Rahmen dieser Diplomarbeit wird nur ein Prozessablauf des EWLV und einer des KLV bearbeitet. Neben dieser Systemabgrenzung ist eine weitere Abgrenzung bezüglich der Ortungs- und Informationstechnologie notwendig, da die Informationsflüsse, die in der Bearbeitung einer ganzen Transportkette fließen, sehr umfangreich sind und für diese Diplomarbeit eingegrenzt werden müssen.

1.4.1 Konventioneller Einzelwagenladungsverkehr

Der konventionelle Einzelwagenladungsverkehr (EWLV) ist eine monomodale² Transportkette. Die Auswahl von Transportabläufen beschränkt sich auf den folgenden Prozess gemäss Abbildung 2.

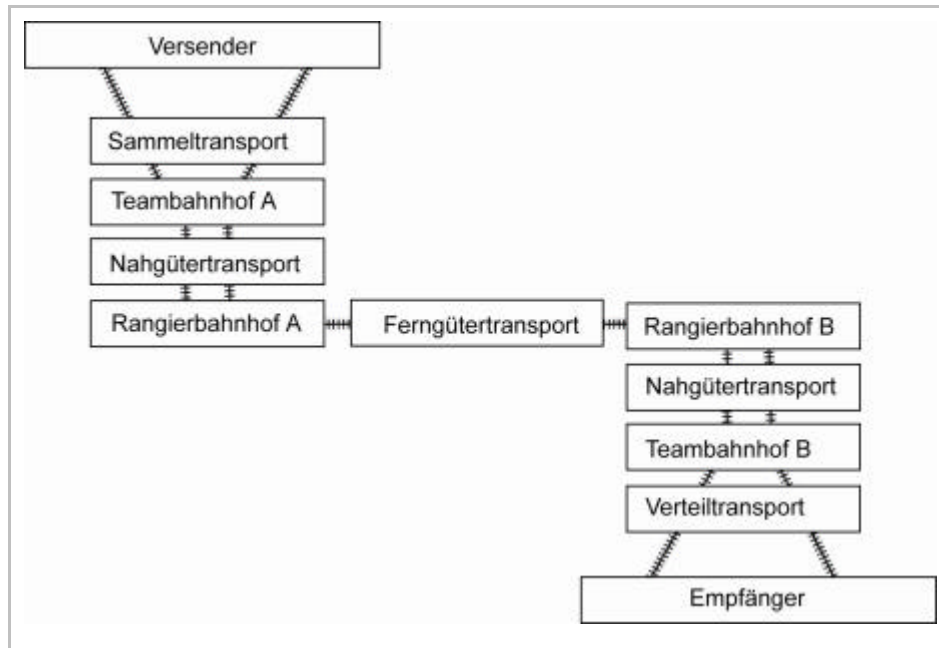


Abbildung 2: Prozessablauf konventioneller Einzelwagenladungsverkehr

Einzelgüterwagen werden auf den Anschlussgleisen eingesammelt und per Sammeltransport an einen Teambahnhof A gefahren. Beim Teambahnhof werden die eintreffenden Sammelzüge zu Nahgüterzügen rangiert. Der Nahgüterzug befördert die rangierten Einzelwagen zu einem Rangierbahnhof A, in welchem die eintreffenden Nahgüterzüge zu Ferngüterzügen zusammengestellt werden. Der Ferngüterzug legt grosse Strecken zurück bis zum nächsten Rangierbahnhof B, der unter Umständen im Ausland liegen kann. Zur Zustellung der Einzelwagen wird der Ferngüterzug im Rangierbahnhof B in Nahgüterzüge zerstückelt. Der Nahgüterzug fährt zum Teambahnhof B, der den Nahgüterzug zu einem Verteilzug rangiert. Der Verteilzug stellt die Einzelwagen auf dem Anschlussgleis des Empfängers ab.

Die Rangierbahnhöfe sind in der Schweiz im Besitz des Schienennetzbetreibers. Die Teambahnhöfe gehören in der Schweiz dem Bahnunternehmen, das den Gütertransport auf der Schiene anbietet. In den folgenden Kapiteln wird vom Teambahnhofbetreiber gesprochen, da an einem Teambahnhof umfangreiche Prozessabläufe umgesetzt werden und für diese inner-

² Gütertransporte mit einem Verkehrsträger, wobei die Ladung zwischen Verkehrsmitteln gleicher Art umgeschlagen oder ein Eisenbahnwagen rangiert wird (Ruesch et al., 2002)

halb des Bahnunternehmens eine detaillierte Analyse des Ablaufes notwendig ist. Des Weiteren wird vom Rangierbahnhofbetreiber geschrieben. Diese Bezeichnung wird eingeführt, da das Rangieren im Schienengüterverkehr eine grosse Bedeutung hat und als eigenständiges Glied einer Transportkette verstanden wird.

Im EWLV beschränkt sich somit die Anzahl der Beteiligten einer Transportkette auf den Kunden, das Bahnunternehmen, den Rangierbahnhofbetreiber, den Teambahnhofbetreiber und die Zollbehörde, wenn der Transport ins Ausland erfolgt.

1.4.2 Kombiniertes Güterverkehr

Der unbegleitete kombinierte Güterverkehr (KLV) ist eine intermodale³ Transportkette. Im Rahmen dieser Diplomarbeit beschränkt sich die Auswahl des Transportprozesses auf den dargestellten Prozess in Abbildung 3.

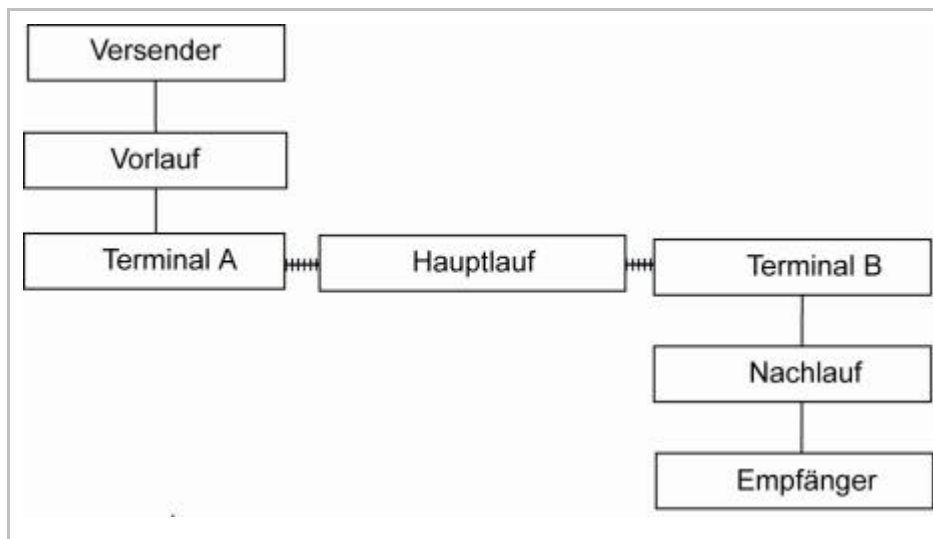


Abbildung 3: Prozessablauf unbegleiteter kombinierter Ladungsverkehr

Beim Versender wird eine intermodale Transporteinheit (ITE) auf einen Lastwagen (Lkw) geladen und im Vorlauftransport zum nächstgelegenen Terminal gefahren. Im Terminal A wird die ITE auf einen Tragwagen umgeschlagen. Die Tragwagen werden im Terminal A zu einem Güterzug rangiert und im Hauptlauf zum Terminal B gefahren, der im Ausland liegen kann. Im Terminal B werden die ITE wiederum auf Lkw umgeschlagen und im Nachlauftransport dem Empfänger zugestellt.

³ Gütertransporte mit mindestens zwei verschiedenen Verkehrsträgern, wobei die Güter in den Ladeeinheiten umgeschlagen werden (Ruesch et al., 2002).

Die Anzahl der Beteiligten beschränkt sich auf den Kunden, einen Spediteur, der die ganze Transportkette organisiert und einen Vor- und Nachlaufspediteur, der den Transport mit Lkw abwickelt. Zusätzlich ist ein Bahnunternehmen involviert, das den Transport vom Terminal A zum Terminal B übernimmt. Das Bahnunternehmen wird von einem KLV-Unternehmen engagiert, das selber die Terminals betreibt. Die KLV-Unternehmen besitzen eigene Tragwagen, engagieren aber für den Transport zwischen zwei Terminals ein Bahnunternehmen. Zusätzlich kann ein Rangierbahnhofbetreiber involviert sein, wenn ein Güterzug rangiert werden muss, sowie die Zollbehörde, wenn der Transport ins Ausland erfolgt.

1.4.3 Systemabgrenzung Informationstechnologie

Falls die Informationsflüsse zwischen den Beteiligten nicht optimal verlaufen, sollen diese analysiert und bei der Formulierung der Bedürfnisse in Kapitel 3 berücksichtigt werden. Gemäss Abbildung 4 werden nur die Schnittstellen zwischen den einzelnen Beteiligten berücksichtigt, da die Datenflüsse innerhalb eines Unternehmens sehr umfangreich sein können. Die einzelnen Teilnehmer verfügen über nicht kompatible Informationssysteme und haben im Verlauf der Zeit ihr eigenes System entwickelt. Das Beschreiben dieser Systeme sprengt den Rahmen dieser Diplomarbeit. Es wird beschrieben, welche Daten zwischen den Beteiligten ausgetauscht werden müssen, um einen reibungslosen Transportablauf zu gewähren und wie Probleme im Datenfluss und in der Erfassung behoben werden können.

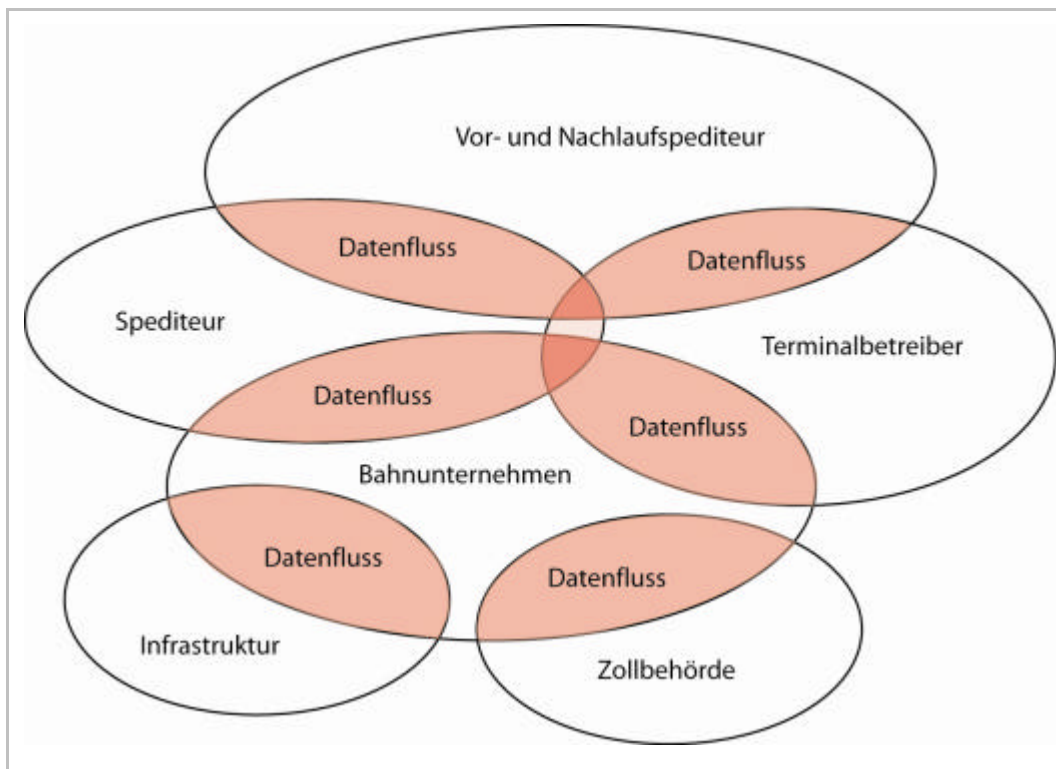


Abbildung 4: Systemabgrenzung Informationsfluss im Mittelpunkt des Bahnunternehmens

1.4.4 Systemabgrenzung Ortungstechnologie

Der Einsatz von Ortungssystemen soll grundsätzlich für ein Bahnunternehmen untersucht werden (siehe Abbildung 5). Die Ortungstechnologie könnte jedoch auch für die anderen Beteiligten von Nutzen sein und in der Abwicklung des Transportprozesses eine Verbesserung bedeuten.

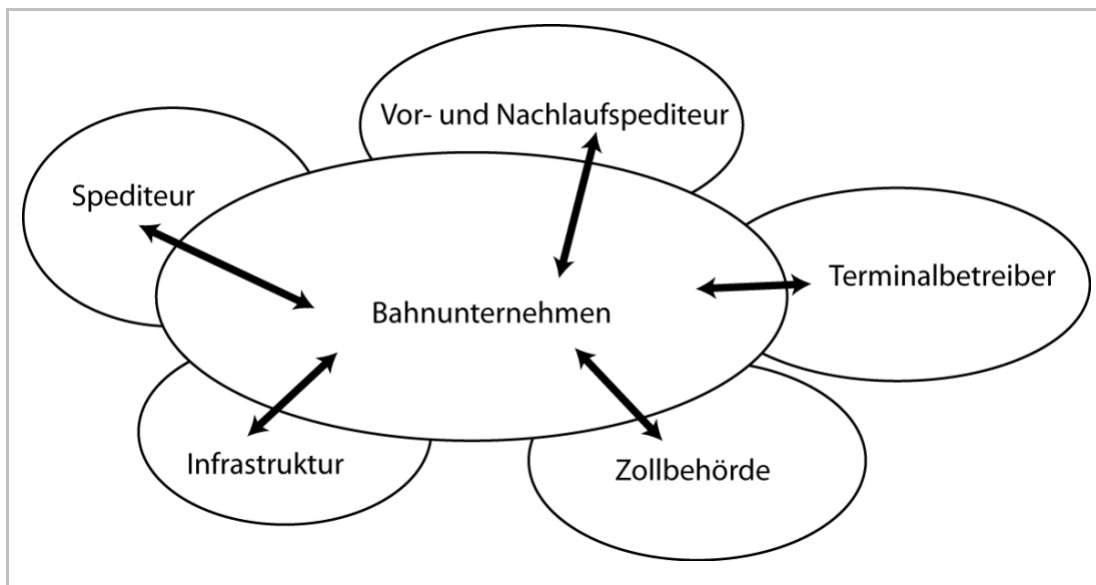


Abbildung 5: Systemabgrenzung Ortungssysteme im Mittelpunkt des Bahnunternehmens

2 Analyse von Produktionsprozessen und aktuellen Ortungssystemen

2.1 Produktionsprozessanalyse

Die Analyse der Produktionsprozesse ist die Grundlage für die Problemanalyse, die in Kapitel 2.3 behandelt wird. Bei der Prozessanalyse wird jeder einzelne Schritt einer Transportabfolge gemäss Kapitel 1.4.1 und 1.4.2 erarbeitet und beurteilt. Als Grundlage dienen die Gespräche mit Herrn Rüdlinger, Herrn Rehmann und Herrn Lerch sowie das Skript zur Vorlesung Güterlogistik und –Transport von Jost Wichser.

In der Vorgehensweise wird zuerst der grobe Ablauf skizziert und unterschieden, wenn sich die Bearbeitung eines bestimmten Teilschrittes auf den Kunden oder einen Beteiligten der Transportkette bezieht. Der Detaillierungsgrad der einzelnen Teilschritte wird so gewählt, dass die wichtigsten Schritte im Hinblick auf die Identifikation und Kontrolle des Ladungs- und Rollmaterials und die Übergabe der Güter erfasst sind. Des Weiteren wird der Kommunikationsstatus betreffend Flexibilität des einzelnen Schrittes beurteilt. Zur Ergänzung wird bei jedem einzelnen Schritt abgeklärt, welche Beteiligten involviert sind.

Die Unterschiede in der Transportabfolge sind zwischen EWLV und KLV gross. Aus diesem Grund wurden diese beiden Prozesse separat voneinander betrachtet. Bereits die Ausgangssituation ist für die beiden Transportabläufe nicht vergleichbar. Im KLV können Güter an jede beliebige Adresse geliefert werden. Im EWLV sind Anschlussgleise beim Absender und Empfänger erforderlich. In den folgenden Ausführungen der Kapitel 2.1.1 und 2.1.2 ist nur der grobe Verlauf dargestellt und die wichtigsten Feststellungen werden formuliert.

2.1.1 EWLV

Der konventionelle Einzelverkehr steht für Transportketten, bei denen Güterwagen mit Waren beladen werden. Eine klassische EWLV Transportkette gliedert sich gemäss Kapitel 1.4.1 in elf Teilabschnitte.

Der Kunde steht im direkten Kontakt mit dem Bahnunternehmen, da die meisten Prozessschritte in seiner Verantwortung liegen. Im Anhang A1 ist der vollständige Prozessablauf detailliert in der Übersicht dargestellt.

Kunde / Versender

- Bei der Vertragsvergabe an ein geeignetes Bahnunternehmen werden die Ortsangaben der Anschlussgleise des Versenders und Empfängers erfasst, welchen Typ von Güterwagen das Bahnunternehmen dem Kunden nach Bedarf zur Verfügung stellen muss, die Anzahl Güterwagen, das Gewicht der Güter und das Zeitfenster.
- Der Bahnunternehmer kontaktiert aufgrund der Transportvoraussetzungen den Teambahnhofbetreiber, der in der Nähe des Versenders operiert, den Rangierbahnhofbetreiber und ev. die Zollbehörden. Zur Trassebestellung kontaktiert er die Betreiber der Schieneninfrastruktur der Nachbarländer, falls der Zielort sich im Ausland befindet.
- Ab diesem Zeitpunkt ist der Kunde nicht mehr flexibel, da der Ausgangs- und Zielort, die Anzahl Güterwagen und Art des Güterwagens fixiert sind.
- Das Bahnunternehmen setzt sich mit dem Teambahnhofbetreiber A zur Disposition eines Sammelzuges in Verbindung und übermittelt die Daten bezüglich Zeitfenster, Anzahl Güterwagen, Typ Güterwagen, Adresse des Kunden, Anschlussgleis.

Sammeltransport

- Sobald die Güterwagen von einem Sammelzug eingesammelt werden, wechselt die Verantwortung über die Güterwagen zum Teambahnhofbetreiber A.
- Beim Sammeltransport ist der Informationsfluss für den Kunden zum Teambahnhofbetreiber A erschwert, da die Betreuung der Güter nicht persönlich erfolgt und somit keine Kontaktaufnahme zum Lokomotivführer mit Mobiltelefon erfolgen kann. Der Lokomotivführer kann nicht flexibel auf Planänderungen eintreten.

Teambahnhof A

- Aufgrund der Avisierung durch das Bahnunternehmen disponiert der Teambahnhofbetreiber das Personal und die Rangierung des Nahgüterzuges.
- Der Sammelzug kommt im Teambahnhof A an. Die Identifikationsnummer des Güterwagens wird erfasst und die Dokumente werden kontrolliert oder erstellt.
- Die Güterwagen werden für interne Zwecke auf Schäden und Vollständigkeit überprüft.
- Sobald der Nahgüterzug aus den Sammelzügen rangiert ist, werden die Güterwagen mit der ziehenden Lokomotive referenziert.

- Der Rangierbahnhof A wird vom Teambahnhofbetreiber A über die Ankunft, den Zielrangierbahnhof und die Anzahl Güterwagen avisiert.
- Die Identifikation des Güterwagens wird ein weiteres Mal eingelesen und eine Bereitmeldung des Nahgüterzuges an den Infrastrukturbetreiber gesendet.

Nahgütertransport

- Der Nahgüterzug verlässt den Teambahnhof A. Während der Fahrt zum Rangierbahnhof A wird der Zug von dem Infrastrukturbetreiber geortet.
- Zwischen Zugführer, Infrastrukturbetreiber und Bahnunternehmen besteht Funkkontakt. Der Kunde verfügt über keinerlei Informationsaustausch mit dem Zugführer.

Rangierbahnhof A

- Aufgrund der Avisierung des Teambahnhofs A erstellt der Rangierbahnhof A die Disposition für das Personal und die Rangierung.
- Im Rangierbahnhof A besteht derselbe Ablauf wie beim Rangieren im Teambahnhof A, aus diesem Grund wird nicht weiter auf den Ablauf eingegangen.
- Oft ist das Rangieren eines Nahgüterzuges in einem Rangierbahnhof nicht notwendig und der Ferngüterzug entspricht dem Nahgüterzug.

Ferngütertransport

- Falls die Güterwagen ins Ausland transportiert werden sollen, müssen am Zoll Formalitäten erledigt werden. Der Bahnunternehmer kontaktiert ebenfalls den Anbieter der Schieneninfrastruktur des Nachbarlandes, damit im Open Access das Schienennetz befahren werden kann.
- Für den Kunden besteht weiterhin keine Möglichkeit, Informationen über den Ort und Zustand des Güterwagens zu erhalten.

Rangierbahnhof B

- Der Ferngütertransport kommt am Rangierbahnhof B an und wird in einen Nahgüterzug rangiert.
- Der Ablauf am Rangierbahnhof B entspricht demselben wie am Rangierbahnhof A und am Teambahnhof A. Immer noch kann sich der Kunde nicht über Aufenthaltsort und Zustand seiner Güter informieren.

Nahgütertransport

- Der zusammengestellte Nahgüterzug wird zum nächstgelegenen Teambahnhof B des Empfängers transportiert.

Teambahnhof B

- Im Teambahnhof B wird wiederum der Güterzug in derselben Ablaufsweise abgefertigt wie im Teambahnhof A.
- Im Teambahnhof B werden die Verteilzüge zusammengestellt, so dass die Güterwagen in einer effizienten Reihenfolge den Empfängern auf die Anschlussgleise geliefert werden können.

Verteiltransport

- Die einzelnen Güterwagen werden auf die Anschlussgleise der Empfänger verteilt.

Empfänger

- Sobald der Güterwagen angekommen ist, werden die Güter aus dem Güterwagen entladen. Der Empfänger identifiziert die Güter und überprüft diese auf Schäden und Vollständigkeit.
- Sobald der Empfänger die angekommenen Güter akzeptiert hat, gehen die Güter vom Bahnunternehmer auf den Empfänger über, und der Auftrag ist für den Bahnunternehmer beendet.
- Nach Entladung des Güterwagens kann dieser für eine weitere Transportkette disponiert werden.
- Der Bahnunternehmer stellt dem Kunden eine Rechnung.

2.1.2 KLV

Eine klassische Transportkette gemäss Kapitel 1.4.2 gliedert sich in sieben Teilabschnitte. Im Anhang A2 ist der vollständige Prozessablauf detailliert dargestellt.

Kunde / Versender

- Bei der Auftragsvergabe an einen Spediteur wird der Eingangs- und Ausgangsort, das Zeitfenster, die Art und Menge der Güter festgelegt.
- Aufgrund dieser Angaben kontaktiert der Spediteur einen geeigneten Vor- und Nachlaufspediteur, ein KLV-Unternehmen, das auch Terminals betreibt sowie allenfalls die Zollbehörden. Ein Bahnunternehmen wird vom KLV-Unternehmen für den Transport zwischen den Terminals aufgeboten.
- Ab diesem Zeitpunkt ist der Kunde nicht mehr flexibel und muss sich an die festgelegten Angaben wie Eingangs- und Ausgangsort, Zeitfenster, Menge und Art der Güter halten.
- Der Spediteur übermittelt Ausgangsort, Kundenadresse, Art der Güter, Anzahl ITE, Zeitfenster und Terminal dem Vorlaufspediteur für die Abwicklung des Vorlaufes.

- Sobald die ITE beladen vom Vorlaufspediteur entgegengenommen wird, geht die Verantwortung über die Güter zum Vorlaufspediteur.
- Vor der Abfahrt avisiert der Vorlaufspediteur über den Spediteur das KLV-Unternehmen über die Ankunft am Terminal A, Zielterminal, Anzahl und Grösse sowie Gewicht der ITE.

Vorlauf

- Der Lkw fährt zum Umschlagterminal A. Während des Vorlaufes besteht die Möglichkeit für den Informationsaustausch zwischen Lkw-Chauffeur und Kunden mit dem Mobiltelefon.

Terminal A

- Aufgrund der Avisierung disponiert der Terminalbetreiber das Personal, Umschlag, Umschlaggeräte und Tragwagen.
- Bei der Ankunft des Lkws wird die Identifikationsnummer der ITE eingelesen, allfällige Schäden werden begutachtet und die Dokumente auf Richtigkeit und Vollständigkeit überprüft.
- Die Verantwortung über die ITE wird vom Vorlaufspediteur zum Terminalbetreiber A übertragen.
- Der Terminalbetreiber gibt Anweisungen, wie die ITE umgeschlagen werden soll. Dazu muss eine bestimmte Reihenfolge der ITE auf dem Güterzug für spätere Rangierabläufe eingehalten werden.
- Der Lkw verlässt den Terminal A nach dem Umschlag und lässt seine Dokumente für das Beenden des Vorlaufes visieren.
- Der Spediteur oder der Terminalbetreiber A avisieren den Terminal B. Das Bahnunternehmen kontaktiert zur Trassebestellung den Infrastrukturbetreiber anderer Länder.
- Sobald der Güterzug für den Hauptlauf vorbereitet ist, wird der ganze Zug abgeschritten und gemäss erstellter Zuglisten werden die Identifikationsnummer und die Reihenfolge der ITE verifiziert.
- Beim Zug werden Bremsen geprüft und die ITE selber auf Schäden und Fixierung kontrolliert.
- Gemäss Zugliste ist nun bekannt, an welcher Position sich welche ITE befindet. Es wird eine Bereitmeldung an den Infrastrukturbetreiber gesendet und die Trasse freigeschaltet.
- Die Verantwortung über die ITE geht vom Terminalbetreiber A zum Bahnunternehmen über.

Hauptlauf

- Der Güterzug verlässt den Terminal A. Der Kontakt zum Zugführer besteht über Funk.
- Falls Landesgrenzen überschritten werden und somit Zollformalitäten zu erledigen sind, nimmt der Bahnunternehmer vor dem Hauptlauf Kontakt zu den Zollbehörden auf.

Terminal B

- Der Terminalbetreiber B führt aufgrund der Avisierung die Disposition für das Personal, Umschlag, Umschlaggeräte und Platzbedarf aus. Über den Spediteur wird der Nachlaufspediteur kontaktiert.
- Sobald der Güterzug ankommt, wird die Identifikationsnummer jeder einzelnen ITE eingelesen. Die mitgeführten Dokumente werden kontrolliert und die einzelnen ITE auf Schäden und Vollständigkeit überprüft.
- Die Verantwortung über die ITE wird vom Bahnunternehmer an den Terminalbetreiber B übergeben.
- Der Lkw für den Nachlauf kommt beim Terminal B an. Der Terminalbetreiber erteilt Anweisungen über die Rangierung, Lagerung und den Umschlag.
- Für den Umschlag wird der Güterzug in Umschlagbahnen rangiert, damit nur bestimmte ITE auf einen Lkw umgeschlagen werden können.
- Die Identifikationsnummer der ITE, die sich auf dem Lkw befindet, wird eingelesen, und die ITE auf Schäden und Fixierung überprüft.
- Die Verantwortung geht vom Terminalbetreiber B zum Nachlaufspediteur über.
- Die Dokumente werden bereinigt und der Empfänger vom Spediteur oder Nachlaufspediteur avisiert.
- Daraufhin verlässt der Lkw den Terminal B. Der Tragwagen wird nun für einen weiteren Einsatz disponiert und in die nächste Prozesskette eingeschleust.

Nachlauf

- Der Lkw fährt vom Umschlagterminal B zum Empfänger. Während des Nachlaufes besteht mit dem Mobiltelefon die Möglichkeit für den Informationsaustausch.

Empfänger

- Der Lkw kommt beim Empfänger an.
- Nach dem Abrollen wird die ITE entladen und die Sendung auf Schäden und Vollständigkeit überprüft.
- Sobald der Empfänger die Güter angenommen hat, ist die Transportkette beendet und die Verantwortung über die Güter in den Händen des Empfängers.
- Der Nachlaufspediteur bestätigt dem Spediteur, dass die ITE dem Empfänger geliefert wurde.
- Der Lkw fährt ab, allenfalls zu einem neuen Kunden, der eine ITE aufzugeben hat.
- Der Spediteur stellt dem Kunden eine Rechnung.

2.2 Aktuelle Ortungs- und Informationssysteme

2.2.1 Ortungssystem durch MOG und NWM

Ein einfaches Ortungssystem wird bei der SBB Cargo betrieben, indem mit einem Mobile-Outdoor-Gerät (MOG) (siehe Abbildung 6) sämtliches Rollmaterial erfasst und im Neuen Wagenmanagement (NWM) verwaltet werden. Dieses Erfassungssystem bezieht sich nur auf den EWLIV. Mit Hilfe des Cargo-Informationssystems (CIS) werden die Lokomotiven und die Güterwagen disponiert. Zusätzlich wird festgelegt, welche Lokomotive welche Trasse befahren wird und welche Güterwagen oder Tragwagen angehängt werden. In Zuglisten ist die definitive Reihenfolge des Rollmaterials festgehalten.



Abbildung 6: Einsatz von MOG zum Einlesen von Identifikationsnummern
(Quelle: SBB Cargo, 2005)

Sobald der Zug bei einem Teambahnhof, Rangierbahnhof oder Terminal abfahrbereit ist, wird die Zugliste auf dem Display eines MOGs ausgegeben. Das Personal läuft den bereitstehenden Zug ab und überprüft, ob die Identifikationsnummern der Güterwagen und der Lokomotive, die vom Internationalen Eisenbahnverband (UIC) vergeben werden, mit denjenigen der Zugliste übereinstimmen. Falls dies der Fall ist, wird eine Bereitmeldung durch den General Packet Radio Service (GPRS) an die Zuglaufüberwachungszentrale der SBB Infrastruktur als auch an das CIS geschickt, woraufhin die Lokomotive und die erfassten Güterwagen oder Tragwagen den Rangierbahnhof, den Terminal oder den Teambahnhof verlassen können. Die SBB Infrastruktur gibt die Sicherheitsblöcke frei und der Zug fährt ab. Sobald der Zug am Zielbahnhof ankommt, wird wiederum mit Hilfe des MOGs überprüft, ob gemäss angezeigter Zugliste alle Güterwagen und die Lokomotive angekommen sind. Wiederum fließt die Information via GPRS an das NWM und in das CIS. Da alle Güterwagen und Lokomotiven

durch das NWM verwaltet werden, sind Ort und Status (beladen / leer) bekannt. Die Disposition für einen weiteren Auftrag erfolgt mit Hilfe des NWM und des CIS (Rüdlinger, 2005).

2.2.2 Ortungssystem durch die Zugsicherung

In der Schweiz ist die Ortung der Züge während des Transportablaufes Aufgabe der SBB Infrastruktur. Die Lokalisierung des Rollmaterials geschieht indirekt durch die Zuglaufüberwachung.

Das ganze Schienennetz ist in Zugfolgeabschnitte unterteilt, in denen sich maximal nur ein Zug befinden darf. Solche Zugfolgeabschnitte sind örtlich durch Hauptsignale oder Blocksignale fixiert. Somit wird in festen Raumabständen gefahren. Die Einfahrt in jeden Zugfolgeabschnitt ist durch ein Haupt- oder Blocksignal gesichert. Zur Kontrolle, ob sich ein Zug in einem Zugfolgeabschnitt befindet, wird das Verfahren der isolierten Gleisabschnitte angewendet. Dabei werden isolierte Abschnitte der Gleise durch elektrische Verbindungen der Schienen gebildet. Falls nun gemäss Abbildung 7 ein Zug in einen isolierten Gleisabschnitt fährt, wird der Stromkreis geschlossen.

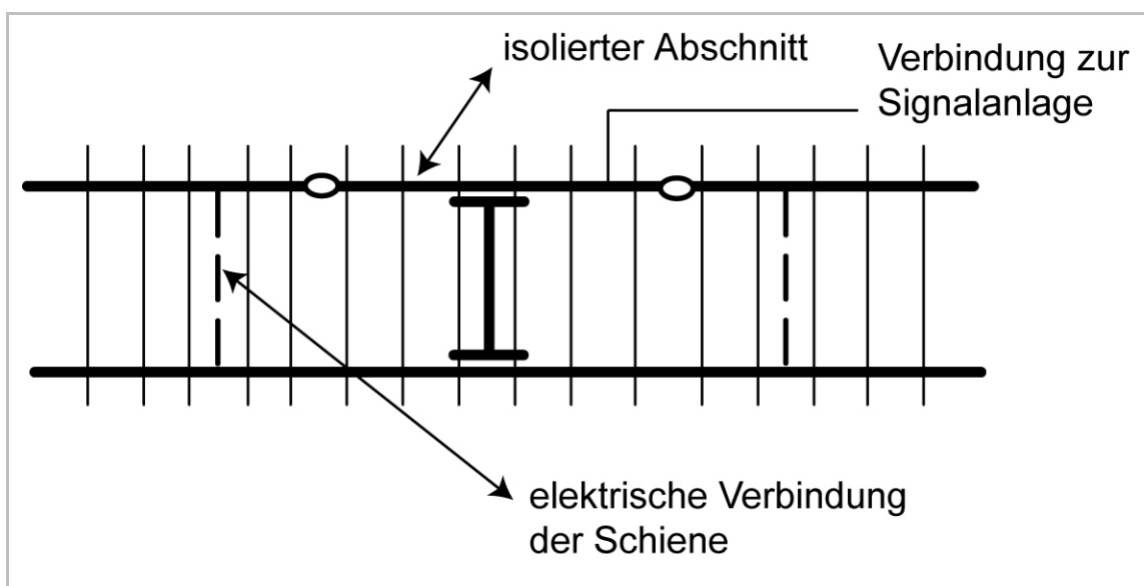


Abbildung 7: Zugsicherungsverfahren mittels isoliertem Gleisabschnitt (Quelle: Brändli, 2002)

Solange der Stromkreis im isolierten Abschnitt geschlossen ist, wird der Abschnitt nicht freigeschaltet, da sich der Zug oder ein Teil des Zuges immer noch im Abschnitt befindet (Brändli, 2002). Bei jedem Kurzschluss wird ein elektrischer Impuls an das Stellwerk gesendet, verarbeitet und an das Leitstellensystem weitergeleitet. Das Leitstellensystem regelt den Ablauf der Transporte im regionalen Bereich und ist anhand der Zugnummer informiert, welcher Zug

zu welchem Zeitpunkt auf der Trasse fährt. Aufgrund der isolierten Gleisabschnitte können die Züge einem Block zugeordnet und dementsprechend lokalisiert werden. Falls der isolierte Gleisabschnitt nicht durchgehend ist, wird am Anfang und am Ende zusätzlich das Verfahren der mechanischen Achszählung angewendet.

2.2.3 Ortungssystem durch AFI

Die Automatische Fahrzeug Identifikation (AFI) besteht aus Readerantennen und Tags (Identifikationsträger), die eine eindeutige Identifikationsnummer tragen. Die Readerantennen sind zwischen den Gleisen im Abstand von 3km bis 6km eingebettet, die Tags befinden sich an der Unterseite der Fahrzeuge (siehe Abbildung 8 und Abbildung 9). Mit einem solchen Tag sind alle Lokomotiven, Dienstfahrzeuge und Personenfahrzeuge ausgerüstet. Die Güterwagen sind nur ausgerüstet, falls diese zu speziellen Zwecken (z.B. Gefahrgütertransport) eingesetzt werden.

Im Anschluss an die Abfertigung des Zuges (analog zu Kapitel 2.2.1) trifft die Lokomotive mit den angehängten Fahrzeugen auf der Fahrt zum Zielort auf einen AFI-Reader. Der AFI-Reader liest die Identifikationsnummer der Lokomotive und der angehängten Fahrzeuge, falls diese mit einem Tag ausgerüstet sind. Die Nummern, der Batteriezustand des AFI-Tags, der Erfassungszeitpunkt und der Erfassungsort werden an den AFI-Zentralrechner geschickt. Der Zentralrechner ordnet der Identifikationsnummer der Lokomotive die Zugnummer zu, die aus dem CIS abgerufen werden kann und leitet diese Information an das Système Unifié de Régulation Ferroviaire (ProSURF) der SBB Infrastruktur weiter. Das ProSURF enthält alle Züge mit deren Zugnummern, die auf den bestellten Trassen fahren. Aufgrund der vorgängig aufgestellten SOLL-Fahrpläne dieser Züge können die Abweichungen berechnet und mit dem ProSURF visualisiert werden. Somit hat die Zuglaufüberwachung eine Übersicht zur Hand, wenn sich Verspätungen in den Prozess einschleichen oder ein Ereignisfall den Betriebsablauf stört. Mit dem ProSURF kann ermittelt werden, wohin die Züge allenfalls umgeleitet werden können und welche Anschlüsse gewährleistet werden müssen.

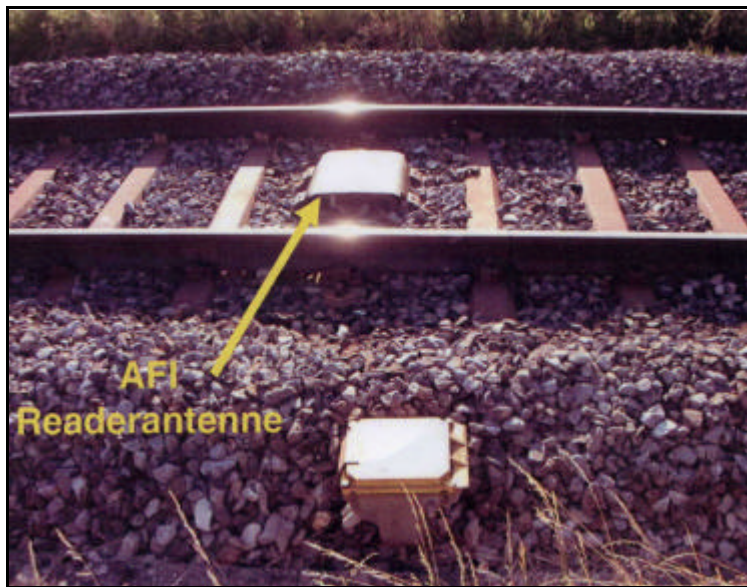


Abbildung 8: AFI-Readerantenne zwischen den Gleisen



Abbildung 9: AFI-Tag an der Unterseite eines Fahrzeuges

Das AFI liefert redundante Informationen zur Ortung, die bereits durch die Zugsicherung gewährleistet sind. Durch das AFI werden jedoch die einzelnen Fahrzeuge direkt lokalisiert und bei Bedarf für die Wartung eingezogen. Bei der Ortung durch die Zugsicherung stehen nicht die einzelnen Fahrzeuge im Vordergrund, sondern der ganze Zug (Baiker, 2005).

2.2.4 Ortungssysteme im Ausland

Im Ausland sind zwischen den Gleisen keine AFI-Reader positioniert. Somit können die Lokomotiven und Fahrzeuge nicht mit dem AFI-System geortet werden. Die SBB Cargo betreibt jedoch im nahen Ausland Tochtergesellschaften, die wiederum mit einem MOG die ankommenden und abfahrenden Lokomotiven und Fahrzeuge an Bahnhöfen erfassen und die Daten in das NWM und in das CIS einspeisen.

Des Weiteren bestehen zwischen der Infrastrukturbetreiberin der Deutschen Bahn AG und der SBB Cargo Partnerverträge. Die SBB Cargo erhält über eine Screenansicht die Übersicht über den Aufenthaltsort der Lokomotiven und der Fahrzeuge, die sich auf dem deutschen Netz bewegen (Rehmann, 2005). Die Leitzentrale kann jedoch nicht operationell eingreifen, sondern erhält nur passiv Ortsangaben eines Zuges.

2.3 Problemanalyse der Produktionsprozesse und Ortungssysteme

2.3.1 Probleme in den Produktionsprozessen

Die auftretenden Probleme werden gemäss Transportablauf gegliedert und drei Bereichen zugeordnet, namentlich Datenfluss und –Erfassung, Lokalisierung und zeitlicher Ablauf. Im Anhang A3 sind die Problemanalysen detailliert dargestellt. Im Anhang wird zusätzlich abgeklärt, welche Beteiligten von einem Problem betroffen sind. Für den KLV lässt sich erkennen, dass die Schwierigkeiten in der Kommunikation zwischen den Beteiligten umso stärker zu tragen kommen, je mehr Unternehmen bei der Abwicklung der Transportkette involviert sind. Gemäss der vorhin erläuterten Aufteilung ergeben sich die nachfolgenden Interpretationen zur Problemanalyse.

2.3.1.1 Datenfluss und –Erfassung

Datenfluss

Die grössten Probleme liegen im Datenfluss zwischen den Beteiligten. Diese entstehen im KLV und EWL, da die bestehenden Informationstechnologien für den Datenaustausch nicht vorgesehen sind. Die einzelnen Transportbeteiligten entwickelten ihre eigenen Informationssysteme und vernachlässigten die Kompatibilität zwischen den einzelnen Systemen. Als Resultat dieser Entwicklung wird nur dann gemeinsam an einem Strick gezogen, wenn finanzielle Nachteile für die einzelnen Beteiligten entstehen. Z.B. klebt keiner der Beteiligten einen Tag an seine ITE oder Güterwagen, wenn ihm selbst dieser Tag keinen Nutzen bringt. Für den KLV lässt sich erkennen, dass die Schwierigkeiten zwischen den Beteiligten noch stärker zu tragen kommen, da mehr Unternehmen bei der Abwicklung der Transportkette involviert sind.

Zusätzlich wird der Datenaustausch erschwert, sobald eine ITE oder ein Güterwagen die Landesgrenzen überquert. Eine ITE bewegt sich im globalen Kontext, wobei sich im EWL ein Güterwagen nur auf dem europäischen Normalspurnetz bewegen kann. Diese Problematik wird entschärft, indem die Beteiligten im Ausland Partner suchen und diese mit Verträgen z.B. zum Rangieren und Verteilen verpflichten.

Datenaustausch mit dem Kunden

Im KLV kann der Kunde Ort und Zustand der Güter nicht mehr abrufen, sobald die ITE auf einen Tragwagen umgeschlagen oder gelagert wird. Nur während des Vor- und Nachlaufes besteht die Möglichkeit, mit dem Ikw-Chauffeur per Mobiltelefon Kontakt herzustellen. Im EWL ist für den Kunden das Abrufen von Ort und Zustand der Güter während des ganzen

Transportablaufes nicht möglich. Sobald der Güterwagen vom Anschlussgleis abgeholt wird und bis dieser auf das Anschlussgleis des Empfängers zugestellt wird, kann der Kunde keine Information über seine Güter abrufen.

Datenerfassung

Die eindeutige Identifikation von Güterwagen oder ITE ist durch eine Nummer gewährleistet. Bei jedem Wechsel der Verantwortlichen wird diese Nummer eingelesen und überprüft. Diese eindeutigen Angaben werden den weiteren Beteiligten nicht übermittelt, so dass jeder Beteiligte diese Angaben aufs Neue einlesen muss.

Spezifische Probleme im Transportablauf

Die Disposition nach einer Avisierung erfolgt nicht effizient, da keine Lokalisierungsdaten eines ITE, Güterwagens oder einer Lokomotive vorhanden sind.

Das Rangieren spielt eine wesentliche Rolle beim EWLTV, aber auch beim KLV wird das Rangieren eingesetzt. Die vorzeitige Planung eines weiteren Rangierablaufs ist ungenügend zwischen Rangierbahnhofbetreiber und Terminalbetreiber oder Teambahnhofbetreiber. Der Rangierablauf ist ineffizient, falls Güterwagen oder Tragwagen mit ITE nicht gemäss Zielrangierbahnhof sortiert an der Lokomotive eingereicht werden.

2.3.1.2 Zeitliche Abläufe

Viele Transportbeteiligte

Zeitliche Verzögerungen ergeben sich in der Transportkette, wenn der Datenaustausch über die Änderungen des IST-Zustandes nicht mit den andern Transportbeteiligten erfolgt. Zeitliche Verzögerungen ergeben sich schnell im Ablauf der Transportkette, wenn an einer Schnittstelle auf einen weiteren Transportbeteiligten gewartet werden muss. Oft könnte dieses Problem entschärft werden, wenn der andere Beteiligte über die Verspätung informiert wäre.

Da sehr viele Beteiligte in einen Transportablauf involviert sind und das Ladungs- und Rollmaterial von allen erfasst und bearbeitet werden muss, ist der Transportablauf anfällig auf Verzögerungen, die wieder aufgehoben werden können, wenn genügend Reservezeit eingezeichnet ist. Sobald sich jedoch ein Glied ans nächste reiht, können die Verzögerungen nicht mehr eliminiert werden und schaukeln sich bis zum Ende auf.

Kopplung von Zeit- und Lokalisierungsproblemen

Die Probleme, die sich aus zeitlichen Abläufen und der fehlenden Lokalisierung ergeben, können oft gekoppelt betrachtet werden. Die Problemfelder, die sich durch Verzögerungen im zeitlichen Ablauf ergeben, lassen sich mit Hilfe der Ortungstechnologie vermindern.

2.3.1.3 Lokalisierung

Während des Transportablaufes

Sobald das Ladungs- und Rollmaterial befördert wird, können die Fahrzeuge oder die ITE nicht mehr geortet werden. Nur aufgrund des erstellten Fahrplanes mit Abfahrts- und Ankunftszeiten lässt sich vermuten, wo sich diese befinden. Die Effizienz der Transportproduktion würde sich steigern lassen, wenn die anderen Transportbeteiligten ebenfalls die Lokalisierungsdaten erhalten.

Kunden

Der Kunde kann nach Abholen des Güterwagens oder nach dem Umschlag der ITE vom Lkw auf den Tragwagen die Ware nicht mehr verfolgen. Seine Flexibilität wird eingeschränkt, da der Kunde die Kontrolle über seine Güter verliert und auf die Zuverlässigkeit der Transportunternehmen setzen muss. Sobald der Kunde nach dem Prinzip Just-in-Time produziert, gerät er in Schwierigkeiten, wenn bei Verzögerungen keine Informationen über den aktuellen Aufenthaltsort seiner Güter erfolgen.

Roll- und Ladungsmaterial Management

Weitere Schwierigkeiten ergeben sich, sobald ein Transportablauf abgeschlossen ist. Ein Güterwagen oder ITE wird einem Kunden zugestellt und entladen. Während dieser Zeit kann der Wagen nicht für einen weiteren Transportauftrag eingesetzt werden. Unter Umständen bleibt die ITE oder der Güterwagen beim Kunden stehen und wird von diesem als zusätzlichen Lagerraum genutzt. Das Rollmaterial wird nicht effizient eingesetzt.

2.3.2 Probleme der Ortungssysteme und Informationstechnologie

Im Open-Access-Verkehr ergeben sich die in Tabelle 1 dargestellten wesentlichen Probleme im heutigen Ortungs- und Informationssystem mit AFI, Zugsicherung und MOG. Zusätzlich sind noch diejenigen Probleme aufgeführt, die durch den Informationsaustausch entstehen. Die Auflistung der Probleme betrifft nicht den Kunden, sondern nur das Bahnunternehmen und den Infrastrukturbetreiber des Schienennetzes. Der Kunde ist nur insofern betroffen, als dass das Bahnunternehmen die geforderten Lokalisierungsdaten liefern könnte.

Ortung durch MOG
Der aktuelle Standort des Rollmaterials kann nur abgerufen werden, falls dieses mit dem MOG erfasst wurde.
Die Erfassung durch den MOG ist nicht möglich, wenn Fahrzeuge von Partnerbahnunternehmen eingesetzt werden.
Die Ortung mit MOG ist statisch, da die Güterwagen nur punktuell erfasst werden.
Ortung durch AFI
AFI Tags werden mit Batterien betrieben.
AFI Technologie ist veraltet, Ersatzteile werden nicht mehr geliefert.
Für die Wartung des AFI muss das Rollmaterial aus dem Transportprozess ausgeschieden werden.
AFI Readerantennen sind nur in der Schweiz positioniert, die Ortung im Ausland ist nicht möglich.
Die Ortung mit AFI ist statisch, da nur durch fest positionierte AFI-Readerantennen das Rollmaterial erfasst wird.
Ortung durch Zugsicherung
Die Zugsicherung ist nicht auf die Lokalisierung ausgerichtet, sondern nur auf den sicheren Betrieb.
Im Nachbarland kann nur passiv auf Ortungsdaten der Zugsicherung zugegriffen werden.
Die Zugsicherung wird vom Netzbetreiber betrieben und nicht vom Transportunternehmen, der die Lokalisierungsdaten für den Prozessablauf nutzt. Das Transportunternehmen hat nur bedingt Einfluss auf das Ortungssystem.
Informationsaustausch zwischen Transportbeteiligten
Die Ortung wird vom Netzbetreiber durchgeführt. Der Bahnunternehmer hat nur beschränkt Zugriff auf Daten.
Der Datenaustausch zwischen den Netzbetreibern und den Bahnunternehmen ist erschwert, da nicht über die gleiche Software verfügt wird.

Tabelle 1: Problemanalyse aktueller Ortungssysteme gemäss der Erfassungsart der Lokalisierungsdaten mit zusätzlichen Problemen des Informationsaustausches

Zusammenfassend lässt sich erkennen, dass das Bahnunternehmen nicht über ein eigenes Ortungssystem verfügt und auf den Informationsaustausch mit weiteren Partnern angewiesen ist. In der Schweiz wird die Ortung durch den Infrastrukturbetreiber gewährleistet. Demzufolge ist es für das Bahnunternehmen schwierig, Anforderungen an die Lokalisierung zu stellen. Die Ortung des Rollmaterials wird vom Infrastrukturbetreiber nicht prioritär betrieben, sondern entsteht durch die vielen verschiedenen Prozessabläufe, aus denen Lokalisierungsdaten resultieren.

Im Vordergrund steht für den Netzbetreiber der sichere Ablauf der Transporte. Beim Lokalisierungsablauf sind wiederum mehrere Partner beteiligt, falls im internationalen Netz das Rollmaterial verschoben wird. Somit werden verschiedene Softwareanwendungen benutzt,

auf welche die Beteiligten keinen Zugriff haben und allenfalls nur einen Screenshot vom Ortungssystem aus dem Nachbarland erhalten.

Durch die konsequente Erfassung und Verwaltung des Rollmaterials mit MOG und NWM kann im Ausland ebenfalls der Status des Rollmaterials aktualisiert werden. Wenn das Rollmaterial ins Nachbarland transportiert wird und nicht einer Tochtergesellschaft übergeben wird, kann die Erfassung nicht mehr erfolgen und das Rollmaterial ist nicht mehr lokalisierbar. Das Rollmaterial untersteht jedoch dem RIV. Mit dem RIV ist der Mietbetrag geregelt, wenn ein anderes Transportunternehmen den Wagen für eigene Zwecke einsetzt. Bereits für das Abstellen des Güterwagens muss ein Mietbetrag an den Eigentümer bezahlt werden, so dass es im Interesse des Bahnunternehmens liegt, das fremde Eigentum zurück in das Heimatland zu transportieren.

3 Anforderungskatalog an Ortungs- und Informationssystem

Die Anforderungen an die Ortungs- und Informationstechnologie sind vielseitig und ändern je nach Bedürfnis der Beteiligten der Transportkette. In den weiteren Unterkapiteln werden nicht nur die Bedürfnisse der Hauptakteure, namentlich Bahnunternehmen und Kunden, sondern auch diejenigen der weiteren Beteiligten behandelt. Dabei liegt der Fokus auf dem Datenaustausch zwischen den Akteuren. Basierend auf den daraus zu ziehenden Erkenntnissen werden die Anforderungen an ein Ortungs- und Informationssystem zusammengestellt.

3.1 Bedürfnisse der Kunden

Ein erstes Bedürfnis besteht darin, die Flexibilität nach der Vergabe des Auftrages zu bewahren. Sobald der Auftrag für den Transport vergeben ist, können die Angaben wie Abhol- und Auslieferungsort, Art und Menge der Güter, Behälterwahl und Zeitfenster nicht mehr flexibel angepasst werden. Dieses Bedürfnis ist für viele Kunden ein Grund, die Güter mit Lkw zu transportieren, da im Strassengüterverkehr flexibel auf die Änderungswünsche des Kunden eingegangen werden kann.

Ein weiteres Bedürfnis des Kunden besteht darin, dass der Güterwagen oder die ITE pünktlich für das Be- oder Entladen geliefert wird. Dies ist für den Kunden entscheidend, da seine Lagerungsmöglichkeiten beschränkt sind und der Kunde am Auslieferungsort auf die Güter für die weitere Produktion angewiesen ist.

Das dritte Bedürfnis betrifft die Kommunikation zwischen Kunde und den Transportunternehmen. Solange sich der Kunde auf die pünktliche Auslieferung seiner Güter verlassen kann, interessiert es den Kunden nicht, wo sich seine Güter befinden. Falls die rechtzeitige Auslieferung durch das Bahnunternehmen jedoch nicht mehr gewährleistet ist, möchte der Kunde sofort informiert werden, damit er seinen Produktionsablauf sogleich den neuen Lieferzeiten anpassen kann. Die Schwierigkeit besteht allerdings darin abzuschätzen, ob eine Verzögerung im Transportablauf zu einer tatsächlichen Verspätung bei der Auslieferung der Güter führt. Diese Einschätzung obliegt den Transportunternehmen.

3.2 Bedürfnisse des Bahnunternehmens

Bei einem Bahnunternehmen sind die Bedürfnisse an ein Ortungs- und Informationssystem vielschichtiger. Gemäss Tabelle 2 können die Bedürfnisse in fünf verschiedene Bereiche unterteilt werden. Die Bedürfnisse eines Ortungs- und Informationssystems erstrecken sich von einem verbesserten Kundenservice bis zur Optimierung der Ressourcen. Durch die geeignete Kopplung zwischen Informationssystem und Ortungssystem wird der Datenfluss verbessert. Der operationelle Einsatz eines Ortungssystems muss möglichst kostengünstig und wartungsgering sein. Ausserdem wird durch ein System vor allem die Abwicklung des Transportablaufes im Ausland erleichtert. Mit dem System können auch noch weitere Bedürfnisse indirekt gedeckt werden, die in Kapitel 8 beschrieben sind.

Kundenservice
Flexibilität gegenüber Kunden betreffend Auftragsangaben erhöhen
Kommunikation mit Kunde während Transportablauf gewährleisten
Vorteile im Marketing
Operationeller Einsatz
Ortung eines Güterzuges oder einzelner Güterwagen während dem Transport im Ausland ermöglichen
Unabhängiges Betreiben eines Ortungssystems
Kostengünstiges Ortungssystem mit möglichst geringem Wartungsaufwand
Lokalisierungsintervall an Anforderungen anpassbar
Pünktlichkeit
Flexibles Reagieren auf Abweichungen des SOLL-Transportablaufs
Pünktlichkeit bei Transportablauf einhalten
Datenfluss
Effizienzsteigerung im Datenfluss zwischen Bahnunternehmen und weiteren Transportbeteiligten
Kompatible Informationssysteme zwischen den Beteiligten, mehrfache Erfassung der Daten vermeiden
Verbesserung der Datenqualität durch automatische Datenerfassung
Einhaltung der verschiedenen Vorschriften im Betriebsablauf vereinfachen
Optimierung der Ressourcen
Wagenparkreduktion durch optimale Nutzung der Ressourcen
Umlaufzeitverkürzung des Rollmaterials
Statistische Auswertung des Produktionsablaufes
Massnahmenergreifung aufgrund wiederkehrender Produktionsverzögerungen

Tabelle 2: Bedürfnisse eines Bahnunternehmens aufgeteilt in Kundenservice, Operationeller Einsatz, Pünktlichkeit, Datenfluss und Optimierung der Ressourcen

Zusammenfassend lässt sich erkennen, dass an ein Ortungs- und Informationssystem von der Seite des Bahnunternehmens eine grosse Anzahl verschiedener Bedürfnisse gestellt wird. Eine weitere Schwierigkeit besteht darin, dass ein Bahnunternehmen über verschiedene Informatikmittel verfügt und ein neues System intelligent mit dem Bestehenden vernetzt werden muss.

3.3 Bedürfnisse der weiteren Beteiligten

Ein Ortungs- und Informationssystem kann für weitere Transportbeteiligte von Nutzen sein. Aus diesem Grund sollen die Bedürfnisse von anderen Beteiligten der Transportketten KLV und EWLK berücksichtigt werden.

KLV

Im KLV kann der KLV-Unternehmer ebenfalls von einem solchen System profitieren. Die Lokalisierung einer ITE wird in einem Terminal durch ein geeignetes System erleichtert. Doch ist dabei zu beachten, dass im Terminal die Behälter häufig mehrmals gestapelt werden und somit die Lokalisierung erschwert ist. Das System muss so am Behälter angebracht werden, dass es beim Umschlag nicht beschädigt wird.

Eine zusätzliche Erleichterung des Transportablaufes ergibt sich, wenn ein Güterzug auf dem Weg zu einem Terminal verspätet ist und aufgrund der Lokalisierung des Güterzuges die Disposition des Umschlages angepasst werden kann.

Auch der Vor- und Nachlaufspediteur ist am Datenaustausch mit dem Bahnunternehmen interessiert. Wenn ein Güterzug sich auf der Fahrt zu einem Terminal verspätet, kann der Lkw-Fahrer auf die Verspätung reagieren. Der Lkw kann seine Wartezeit beim Empfangen einer ITE verringern.

Ein weiterer Nutzen entsteht für den Spediteur, der den Ablauf des Transportes organisiert. Der Spediteur ist durch ein geeignetes Ortungs- und Informationssystem immer über den aktuellen Ort der Güter informiert und kann den Transportablauf effizienter organisieren und den Kontakt zum Kunden erstellen, falls es zu gravierenden Verspätungen kommt.

EWLK

Im EWLK profitiert der Rangierbahnhofbetreiber von dem Ortungs- und Informationssystem ebenfalls, indem bei Verzögerungen die Disposition der Rangierung frühzeitig angepasst wird. Zudem geht der Überblick über die Güterwagen in einem Rangierbahnhof sehr schnell verloren. Mit einem Ortungssystem ist abschätzbar, in welchem Stadium des Rangierens sich die Güterwagen befinden.

3.4 Datenbedarf

3.4.1 Kunden

Gemäss Tabelle 3 besteht der Datenaustausch zwischen Kunden und Transportbeteiligten nur bei der Auftragsvergabe. Sobald die Güter abgeholt sind, möchte der Kunde eine Bestätigung über den erfolgreichen Beginn der Transportkette erhalten. Während des Transportablaufes interessiert sich der Kunde für die Güter nur bei Verzögerungen, doch dann möchte er über detaillierte Informationen verfügen (siehe Kapitel 3.1). In Tabelle 3 ist aufgeführt, welche Daten zwischen dem Kunden und den Transportunternehmen während einer Verzögerung ausgetauscht werden sollen. Es wird eine Prognose des weiteren Zeitablaufes von den Transportbeteiligten gefordert und zudem sollen die weiteren Kommunikationsschritte definiert werden.

Kunden - Transportbeteiligte
Datenaustausch mit Transportbeteiligten bei Vertragsvergabe:
- Eingangs- und Ausgangsort
- Adresse Kunden
- Art der Güter
- Menge der Güter
- Gewicht der Güter
- Behälterwahl
- Anzahl Behälter
- Zeitfenster
Bestätigung über erfolgreiches Abholen der Güter
Falls Transportabwicklung nicht pünktlich erfolgen kann, möchte der Kunde über folgende Informationen verfügen:
- Welche Güter sind von Verspätung betroffen
- Wo sind diese Güter
- Grund für die Verspätung
- Wann kann mit der Zustellung gerechnet werden
- Kann der Ausgangsort flexibel angepasst werden
- Informationsaustausch über weiteres Vorgehen gewährleistet

Tabelle 3: Datenaustausch zwischen Kunden und Transportbeteiligten bei Vertragsvergabe, nach Abholung der Güter und bei Verspätungen

3.4.2 Transportbeteiligte

Im Anhang A4 sind die Daten aufgelistet, die zwischen den Transportbeteiligten ausgetauscht werden sollen. Grundsätzlich müssen bei allen Datenflüssen die Zeitangaben kommuniziert werden. Zusätzlich muss zur Deklaration die Art der Güter den andern Beteiligten mitgeteilt werden. Diese Daten sind für den einzelnen jedoch nicht relevant, müssen aber trotzdem er-

fasst werden, da die Güter in einem Güterwagen oder ITE enthalten sind und die einzelnen Beteiligten nicht unmittelbar sehen können, was im Behälter oder Güterwagen geladen ist.

KLV

Spezifisch im KLV ist für die Transportbeteiligten entscheidend, von welchem Terminal der Vor- / Nachlauf startet oder zwischen welchen Terminals das Bahnunternehmen den Transport übernimmt. Des Weiteren interessiert die Anzahl der ITE, damit bei der Übergabe der Güter überprüft werden kann, ob der Transport vollständig erfolgt ist. Das Gewicht einer ITE muss ebenfalls bekannt sein, da diese mit spezifischen Geräten umgeschlagen wird, die durch ein Maximalgewicht limitiert sind. Für den Bahntransport ist es von grosser Bedeutung, dass das für eine Trasse vorgeschriebene Maximalgewicht nicht überschritten wird. Die Identifikationsnummer der ITE ist ebenfalls bei der Übergabe zwischen den Transportunternehmen entscheidend, da diese Nummer die eindeutige Identifizierbarkeit zulässt.

EWL

Im EWL müssen die Anzahl der Güterwagen und der Ausgangs- oder Zielbahnhof an den Schnittstellen von einem zum andern Transportunternehmen übergeben werden sowie die Identifikationsnummer der Güterwagen. Ausschlaggebend ist bei jedem Datenaustausch zwischen den Beteiligten das Gewicht des Güterwagens, um wiederum das Maximalgewicht einer bestellten Trasse einzuhalten. Die wichtigste Information zwischen den Transportbeteiligten ist jedoch die Position eines Güterwagens bei einem Güterzug. Diese Information vereinfacht den Rangieraufwand an den Team- und Rangierbahnhöfen erheblich.

3.5 Anforderungskatalog für den operationellen Einsatz

Aufgrund der Bedürfnisse des Kunden und der Transportbeteiligten werden die Anforderungen an die Ortungstechnologie und an ein Informationssystem formuliert. Grundsätzlich wird unterschieden, ob es sich um Hauptkriterien handelt, die zwingend realisiert sein müssen oder um Nebenkriterien, die wünschenswert wären.

3.5.1 Anforderungen an die Ortungstechnologie

In der folgenden Auflistung der Anforderungen wird der Begriff der Zuverlässigkeit verwendet und von Knotenpunkten gesprochen. Unter der Zuverlässigkeit wird die Verfügbarkeit, Präzision und Kontrolle einer Positionsbestimmung verstanden. Als Knotenpunkt gilt ein Umschlagterminal, Rangierbahnhof oder ein Teambahnhof.

3.5.1.1 Hauptkriterien

Position

- Die Position soll eindeutig sein.
- Eine Positionierung ist nicht durchgehend notwendig. Die Lokalisierung soll in einem bestimmten Zeitintervall sowie beim Anfahren und Verlassen wichtiger Knotenpunkte erfolgen.
- Das Intervall der Lokalisierung soll an die Bedingungen angepasst werden - ob der Güterwagen oder die ITE steht oder fährt.
- Die Lokalisierung muss georeferenziert sein, damit die Position auf diversen Landeskarten darstellbar ist.

Genauigkeit

- Die Anforderungen an die Genauigkeit während der Fahrt sind nicht hoch. Die Genauigkeit von 20m – 30m reicht aus.

Zuverlässigkeit

- In der Bahngüterlogistik ist die durchgehende Verfügbarkeit nicht notwendig. Der Transportablauf verliert ohne permanente Lokalisierung lediglich an Effizienz.
- Positionsbestimmung soll auch bei gestapelten ITE möglich sein.
- Da die Ortung nur ein Hilfssystem für die Transportproduktion ist, kann auf die Kontrolle des gesendeten Signals verzichtet werden.

Zeit / Datum

- Bei jeder Lokalisierung ist eine Zeitangabe mit Datum notwendig, damit bekannt ist und kontrolliert werden kann, zu welchem Zeitpunkt die letzte Lokalisierung erfolgt ist.

Räumliche Ausdehnung

- Das Ortungssystem soll in ganz Europa einsetzbar sein.
- Falls Landesgrenzen überschritten werden, soll eine Meldung erfolgen.

Übersichtskarte

- Zur Übersicht des Aufenthaltsortes des Ladungs- und Rollmaterials soll die Position mit Kartengrundlagen darstellbar sein.
- Für die Verständlichkeit zeigt das Kartenmaterial das Schienennetz von Europa, die Knotenpunkte müssen ebenfalls enthalten sein.

Eindeutige Zuordnung an Objekt

- Die Lokalisierung muss einem Fahrzeug oder einer ITE eindeutig zugeordnet werden. Diese eindeutige Zuordnung soll über eine Nummer erfolgen, die jedes Fahrzeug oder jede ITE eindeutig identifiziert.

Datenverarbeitung

- Um eine Datenschwemme zu verhindern, sollen nur Lokalisierungsdaten weiterverarbeitet werden, falls der tatsächliche Transportablauf nicht dem SOLL-Ablauf entspricht. Zur Bestimmung des SOLL-Ablaufs muss für jeden Transport ein Fahrplan erstellt werden, der zur Differenzbildung zwischen dem SOLL- und IST-Ablauf verwendet werden kann.
- Für gewisse statistische Zwecke (Controlling) sollen die Daten automatisch weiterverarbeitet werden, um den Speicheraufwand zu reduzieren.
- Die Datenverarbeitung soll in Echtzeit erfolgen, damit die Aktualität der verarbeiteten Daten dem aktuellen Stand entspricht.

Stromversorgung

- Um den Wartungsaufwand so gering als möglich zu halten, soll der Energieverbrauch möglichst klein sein.
- Da ein Fahrzeug nicht immer an der Fahrleitung angeschlossen ist und in diesem Zustand trotzdem eine Lokalisierung möglich sein soll, kann die Energieversorgung nicht nur über das Stromnetz der Schieneninfrastruktur erfolgen.

Witterung, Dreck

- Das Gerät soll wasserfest und gegen Dreck resistent sein.

Vibrationen, Frequenzen

- Ein Ortungssystem muss starke Schläge aushalten, da die Dämpfung eines Güterwagens nicht gleich ausgeprägt ist wie im Personenverkehr.
- Ein Gerät muss gut gedämpft montiert sein, damit die Vibrationen während des Transportes das Gerät nicht beeinträchtigen.
- Das Gerät darf bestehende Frequenzen, die im Schienenverkehr benutzt werden, nicht stören.

Wartungsaufwand

- Der Wartungsaufwand soll möglichst gering sein, damit das Rollmaterial oder ITE nicht aus dem Transportprozess ausgeschieden werden müssen.
- Der Wartungsaufwand soll sich auf einfache Handlungen beschränken.

Diebstahlsicherheit

- Die Geräte müssen so installiert werden, damit sie im Ausland nicht abmontiert und entwendet werden können.

Kosten

- Investitions- und Betriebskosten sollen möglichst gering sein. Dies gilt auch für die Wartungskosten, die bei einer grossen Anzahl von Ladungs- und Rollmaterial ins Gewicht fallen.

Erfahrungen

- Die Technologie soll erprobt und langfristig einsetzbar sein.

3.5.1.2 Nebenkriterien

Kundenangaben

- Die Kundenangaben werden bei jeder Lokalisierung ebenfalls übertragen, damit Güter nach Kunden lokalisiert werden können.
- Die Kundenangaben können wiederum in einer Datenbank einer eindeutigen Nummer zugeordnet werden, damit nicht alle Angaben bei jeder Lokalisierung übertragen werden müssen.

Umlaufzeit

- Zur Überwachung der Umlaufzeit eines Fahrzeuges werden die gefahrenen Kilometer ausgegeben.
- Zusätzlich sollte die totale Standzeit ermittelt werden, damit das meist unproduktive Herumstehen des Fahrzeuges ermittelt und vermindert werden kann.

Knotenpunkte

- Mit zusätzlichen Meldungen bei Knotenpunkten wird die Übersicht über den Transportverlauf erleichtert, da der Status beim Durchlaufen von Teilabschnitten in der Transportkette direkt ausgegeben wird.
- Für eine effiziente Bearbeitung der Transportproduktion am Knotenpunkt ist es für den Betreiber eines Knotenpunktes entscheidend zu wissen, auf welchem Gleis sich ein Fahrzeug befindet. Der Abstand von einer Gleisachse zu einer andern beträgt ca. 5m.

Anbindung an andere Systeme

- Das Ortungssystem soll an die andern Informatikschnittstellen angebunden werden.
- Der Zugriff auf ein Informationssystem soll für die verschiedenen Beteiligten gewährleistet sein.

4 Alternative Ortungstechnologien zu GPS

Zur Positionsbestimmung können auch andere Verfahren und Technologien eingesetzt werden. In diesem Kapitel werden die GSM-Positionierungsverfahren behandelt, und es wird auf das Orten mittels Photogrammetrie und RFID eingegangen. In der nachfolgenden Beschreibung der Verfahren wird auf das Angeben von mathematischen Formeln verzichtet. Nach den Erläuterungen zu einem Positionierungsverfahren wird jeweils abgeschätzt, ob sich die Methode für die Anwendung in der Bahngüterlogistik eignet.

4.1 GSM-Positionierungsverfahren

4.1.1 Grundlagen in GSM

Das Global System for Mobile Communication (GSM) ist ein digitales, zellulares Kommunikationssystem, das hauptsächlich zur digitalen Sprachkommunikation entwickelt wurde. Zusätzlich ist die Übertragung von Daten möglich (Kehl et al., 2002). Um die GSM-Positionstechnik für ein Ortungsproblem anzuwenden, ist ein ausgedehntes Netz an Mobilfunkantennen (Basisantennen) sowie ein mobiler GSM-Empfänger erforderlich. Durch den schnellen Ausbau der Mobilfunknetze in allen Ländern Europas sind Ortungsverfahren mit GSM auch in der Bahngüterlogistik denkbar. Die GSM-Positionierung wird heute z.B. in der Lokalisierung von Notrufen, der Verkehrstelematik und in der Abrechnung von entfernungsabhängigen Mobilfunk-Leistungen eingesetzt (Ingensand et al., 2001).

Grundsätzlich ist das gesamte Mobilfunknetz in so genannte Zellen oder Waben aufgeteilt. In jeder Zelle herrscht eine Frequenz, die von mehreren mobilen Empfängern verwendet wird. Die Anzahl der mobilen Empfänger ist beschränkt. Somit sind in Städten, in denen viele GSM-Nutzer vorherrschen, die Zellen entsprechend kleiner als auf dem Land, wo weniger Nutzer auf eine Zelle fallen (Kehl et al., 2002). Im Zentrum jeder Zelle steht eine Basisantenne, jede einzelne Wabe oder Zelle ist in Sektoren mit so genannten Richtungsantennen unterteilt. Richtungsantennen senden nur innerhalb eines bestimmten Öffnungswinkels. In der Horizontalen beträgt der Öffnungswinkel zwischen 65° und 85° und in der Vertikalen 5° bis 15° (Bitzi, 2000).

GSM arbeitet mit gepaarten Frequenzbereichen, die Verbindung vom mobilen Empfänger zur Basisstation (Uplink) geschieht im Frequenzbereich 890 – 915 MHz. Von der Basisantenne zum mobilen Empfänger (Downlink) werden die Daten im Bereich von 935 – 960 MHz gesendet. Ein Empfänger, der in einer bestimmten Frequenz im Uplink sendet, erhält von der Basisstation die Daten mit einer um 45 MHz höheren Frequenz im Downlink-Verfahren. Diese Frequenzbereiche sind in verschiedene Kanäle von einer Bandbreite von 200kHz eingeteilt (Kehl et al., 2002).

4.1.2 Bestimmung der Herkunftszelle

Bei diesem Verfahren (Cell of Origin, COO) wird der mobile Empfänger der nächstgelegenen Antenne zugeordnet. Dabei hängt die Genauigkeit dieses Verfahrens stark von der Antennendichte ab. Nach der Zuordnung zu einer Antenne, kann eine weitere Unterteilung der Zelle durch den Timing Advanced Effekt (TA) erfolgen (Ingensand et al., 2001).

Der Timing Advanced Effekt (TA) drückt indirekt die Länge des Weges aus, den die Funkwellen zwischen Empfänger und Basisstation zurücklegen (Mobilfunk-Glossar, 2005). Die vorhin beschriebenen Kanäle sind im Zeitmultiplexverfahren (TDMA) achtfach belegt. Dabei werden pro Timeslot 148 Bits als Burst übertragen. Ein TDMA-Frame besteht aus acht Bursts. Der mobile Empfänger erhält von der Basisantenne eine Frequenz und einen Timeslot zugewiesen. Das Zeitschema in GSM ist so eng gewählt, dass der mobile Empfänger seinen Sendeburst vor Beginn des Empfangszeitraumes an die Antenne absenden muss. Der TA gibt die Anzahl Bitzeiten an, die das Datenpaket vorverlegt werden muss, damit der Sendeburst im korrekten Zeitschlitz bei der Basisantenne eintrifft. Eine Bitzeit ist 3.5µs lang und entspricht dem Übertragungsweg zur Basisantenne von 550m. Der TA kann einen Wert zwischen 0 und 63 annehmen und somit ist der Radius einer Zelle auf 35km beschränkt (Kehl et al., 2002). Mit diesem TA-Verfahren kann die Zelle in verschiedene Kreisgrößen von 0.5km unterteilt werden.

Durch die Kombination zwischen dem TA-Verfahren und der Sektorbestimmung kann gemäss Abbildung 10 der mögliche Aufenthaltsort in der Zelle eingeschränkt werden.

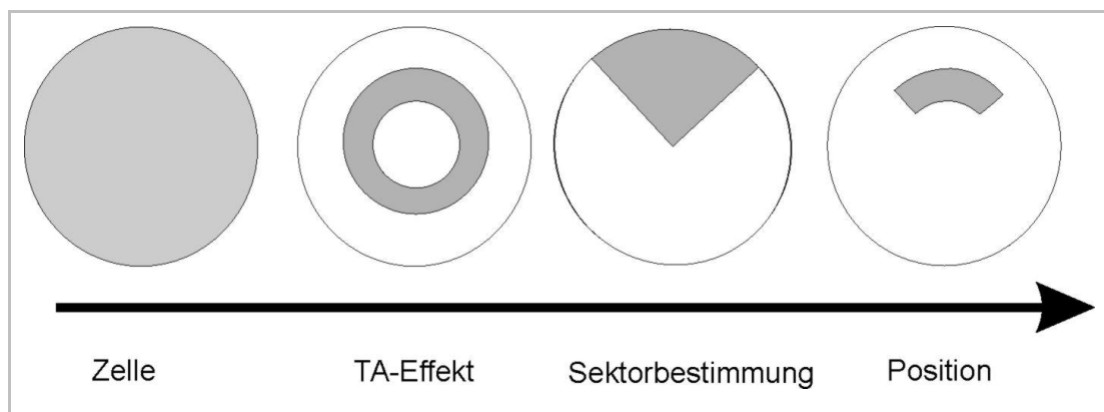


Abbildung 10: Cell-of-Origin-Verfahren in Kombination mit dem TA-Effekt und der Sektorbestimmung (Quelle: Ingensand et al., 2001)

Folgerungen für die Bahngüterlogistik

Dieses Ortungsverfahren würde sich für die Positionsbestimmung in der Bahngüterlogistik eignen, da für die Bestimmung der Position nur eine Antenne benötigt wird und keine zusätzlichen Datenmodellierungen notwendig sind. Für die Positionierung müsste eine Datenübertragung an die Leitzentrale des Bahnunternehmens betreffend Identifikation der Zelle, Richtungsantenne, TA, Identifikation des Fahrzeuges erfolgen. Falls die Angaben der Richtungsantenne nicht direkt übertragen werden können, ist eine Datenbank mit den Angaben notwendig. Die Datenbank müsste dann wiederum gepflegt und konsistent gehalten werden.

In der Bahngüterlogistik ist jedoch die Sektorbestimmung nicht zwingend notwendig, da der Zug auf der Schiene als erster geometrischer Ort befördert werden kann. Das Schienennetz erstreckt sich über weite Teile im unbesiedelten Gebiet, in denen die Antennen weit auseinanderstehen und eine flächendeckende Erfassung nicht gewährleistet ist. Die Radien von einzelnen Zellen können bis zu 35km betragen. Mit der Anpassung der Infrastruktur entsprechend dem bestehenden Schienennetz könnte eine umfassende Abdeckung möglich und somit die Position in ganz Europa bestimmbar sein.

Momentan kann diese Technik nicht länderübergreifend eingesetzt werden, da es für den Operator des GSM-Netzes verboten ist, die Position ausländischer Mobilempfänger an das Ursprungsland zu übertragen. Doch wird erwartet, dass dies in zwei bis drei Jahren möglich sein wird (Morche, 2005).

Die zwei bis drei Jahre liegen durchaus im Planungshorizont für die Einführung eines Ortungssystems. Aus diesem Grund wird diese Technologie als geeignet betrachtet.

4.1.3 Standlinienverfahren

Das Standlinienverfahren basiert auf der Bestimmung des Ankunfts winkels (Angle of Arrival, AOA) oder der Richtungsfindung (Direction of Arrival, DOA). Bereits mit zwei Antennenstandorten ist es möglich, durch Schneiden der Standlinien die Position zu bestimmen. Von der Senderseite her ist es jedoch notwendig, dass pro Sektor nicht nur eine Richtungsantenne, sondern eine Antennenfolge von vier bis zwölf Einzelantennen eingesetzt wird, so genannten Antennen-Arrays. Diese dürfen nicht weiter als eine Wellenlänge auseinander liegen. Aufgrund des Winkels ergibt sich zwischen jeder Antenne eine kleine Phasenverschiebung, mit deren Hilfe der Winkel des ankommenden Signals relativ zur Ausrichtung des Antennen-Arrays berechnet werden kann (Bitzi, 2000).

Folgerungen für die Bahngüterlogistik

Dieses Verfahren ist für die Bahngüterlogistik nicht geeignet. Das Verfahren kann nicht auf der bestehenden Infrastruktur aufbauen, da eine Folge von vier bis zwölf Antennen oder Spezialantennen benötigt wird, die an zwei unterschiedlichen Basisstationen angebracht sind. Um die Lokalisierung eines Zuges in Europa zu gewährleisten, müssten auf weiten Strecken Antennen-Arrays installiert werden, was enorme Investitionskosten zur Folge hätte. Das Verfahren erreicht eine Genauigkeit von $<125\text{m}$, doch verzerren Multipath-Effekte die Wellenfront und verschlechtern die Genauigkeit.

4.1.4 Fingerprintverfahren

Ein völlig anderer Ansatz in der Positionsbestimmung ist das Fingerprintverfahren. Bei diesem Verfahren werden die sonst störenden Effekte des Multipath zur Positionsbestimmung verwendet. Zwischen Antenne und dem mobilen Empfänger besteht ein eindeutiges Multipath-Signalmuster gemäss Abbildung 11. Die gemessenen Phasen und Amplitudencharakteristiken werden mit einer Datenbank verglichen, in der die typischen statischen Muster jedes Ortes gespeichert sind, wodurch die Position bestimmbar ist (Ingensand et al., 2001).

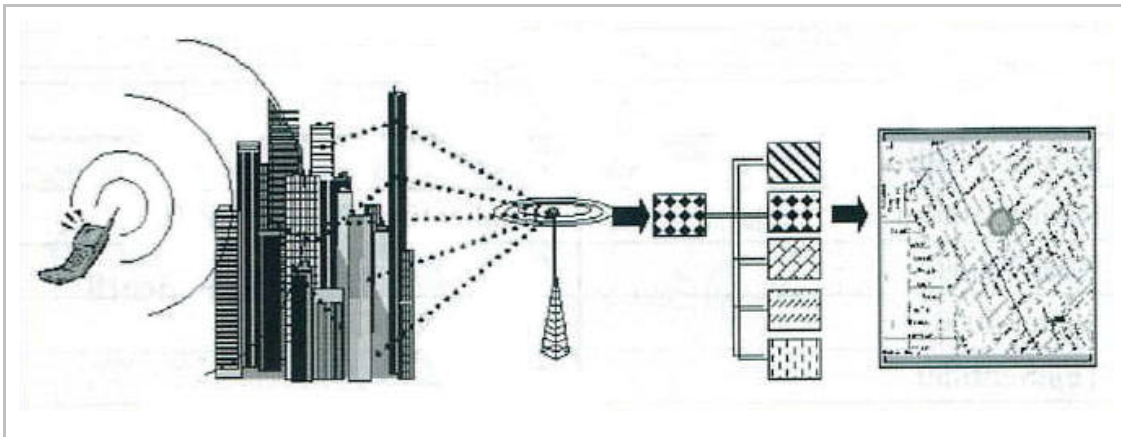


Abbildung 11: Fingerprint-Verfahren, Bestimmung der Position mit Mustern (Quelle: Ingensand et al., 2001)

Folgerungen für die Bahngüterlogistik

Das Fingerprint-Verfahren eignet sich besonders im dicht besiedelten Gebiet, da die Genauigkeit der Positionierung nicht von der Sichtverbindung zwischen Sender und Empfänger abhängt. Für den Einsatz in der Bahngüterlogistik ist dieses Verfahren jedoch ungeeignet. Zur Positionierung ist eine umfassende Datenbank notwendig, die alle Muster für einen bestimmten Aufenthaltsort verwaltet. Zudem muss die Datenbank dauernd erneuert werden, falls sich die Umgebung ändert, und die Datenbank müsste sehr umfassend sein, um in ganz Europa die Positionierung zu garantieren.

4.1.5 Hyperbelschnittverfahren

Das bisher genaueste GSM-Positionierungsverfahren basiert auf der Technik des Hyperbelschnittverfahrens. Dabei wird die Distanz zu mindestens drei Basisantennen bestimmt. Es gilt, dass sich sämtliche Punkte, deren Distanzdifferenz zu zwei anderen Punkten konstant ist, auf einer Hyperbel befinden (Ingensand et al., 2001). Gemäss Abbildung 12 ergeben sich mit drei Antennen zwei Hyperbeln, deren Schnittpunkt der gesuchten Position entspricht.

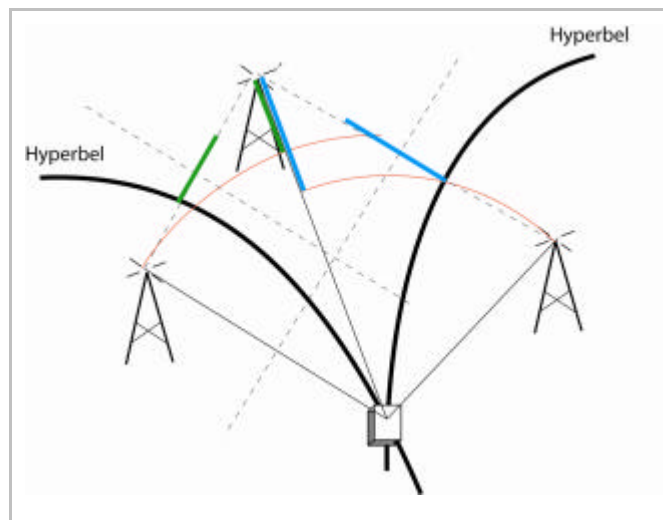


Abbildung 12: Positionsbestimmung mit Hyperbelschnittverfahren durch Laufzeitmessung zu drei Antennen

Die GSM-Distanzbestimmung erfolgt wiederum nach verschiedenen Verfahren:

- Distanzbestimmung durch Messung der Signalstärke (Received Signal Strength, RSS)
- Distanzbestimmung mittels Laufzeitverfahren
 - Laufzeitdifferenzverfahren (Time Difference of Arrival, TDOA)
 - Enhanced Observed Time Differences (E-OTD)

In Kapitel 4.1.5.1 wird das Verfahren der Distanzbestimmung durch Messung der Signalstärke erläutert. In Kapitel 4.1.5.2 wird das Verfahren der Laufzeitdifferenzen nach Time Difference of Arrival erklärt, sowie das Verfahren der Enhanced Observed Time Differences.

4.1.5.1 Distanzbestimmung durch Messung der Signalstärke

Die Stärke des ausgesendeten Signals schwächt sich quadratisch zum Sender-Empfänger-Abstand ab. Wenn die Ausgangsendestärke bekannt ist, so kann bei bekannten Ausbreitungsmodellen die Distanz zur Antenne berechnet werden. Die Signalstärke des empfangenen Signals ist abhängig von:

- Wellenwiderstand
- Richtcharakteristik der Antenne in Abhängigkeit des horizontalen und vertikalen Öffnungswinkel
- Abgestrahlte Leistung der Antenne
- Richtfaktor der Antenne
- Distanz zur Basisantenne

Falls die Feldstärke des empfangenen Signals gemessen werden kann und die anderen Parameter bestimmt sind, kann die Distanz zur Basisantenne berechnet werden.

Folgerungen für die Bahngüterlogistik

Die Methode der Distanzmessung mittels Messung der Signalstärke ist in der Bahngüterlogistik nicht geeignet, da die gemessene Signalstärke von vielen Faktoren beeinflusst wird. Um den Wellenwiderstand zu ermitteln, sind aufwändige Modellierungen notwendig, die nur für eine beschränkte räumliche Ausdehnung gelten und entsprechend den Veränderungen aktualisiert werden müssen. Zudem kann bei der Signalstärkemessung nicht unterschieden werden, ob die Welle direkt gesendet oder vorher reflektiert (Multipath) wurde. Für die Angaben der Richtcharakteristik einer Antenne müsste eine umfangreiche Datenbank bestehen oder die Informationen von der Richtantenne an den mobilen Empfänger gesendet werden.

4.1.5.2 Positionsbestimmung mittels Laufzeitdifferenzverfahren

TDOA

Generelle Voraussetzung für dieses Verfahren ist die Synchronisation der ausgesendeten Signale zwischen Basisstation und mobiler Station. Jede in Reichweite liegende Antenne misst die Ankunftszeit des ausgesendeten Signals. Als Signal zur Zeitdifferenzmessung werden wiederum Bursts verwendet, die die Synchronisation zwischen Basisantennen und mobilem Empfänger zur Aufgabe haben. Wenn drei verschiedene Basisantennen die Ankunftszeit eines Bursts messen, die von einem mobilen Empfänger zur den Basisstationen gesendet werden, können die Laufzeitdifferenzen ermittelt werden (Kehl et al., 2002). Durch die Zeitdifferenzen von drei Antennen kann die Position des mobilen Empfängers berechnet werden. Damit die Zeitdifferenz überhaupt gemessen werden kann, muss eine genaue Zeitdifferenz vorhanden sein.

E-OTD

Wie bei TDOA basiert diese Methode der Enhanced Observed Time Differences (E-OTD) auf der Zeitdifferenzmessung von Signalen. Dabei wird jedoch die Zeit gemessen, die ein Signal braucht, um von der Basisstation zu zwei verschiedenen Empfängern, einem mobilen Empfänger und einer bekannten Station (Location Measurement Unit, LMU) zu gelangen. Durch die Ermittlung der beiden Zeitdifferenzen und der Länge zwischen LMU und Basisstation lässt sich die Position des mobilen Empfängers errechnen (siehe Abbildung 13). Eine Synchronisierung der Uhren in den Antennen, resp. in den LMU muss nicht gewährleistet sein. Die Position muss mit drei Basisantennen ermittelt werden (Kehl et al., 2002).

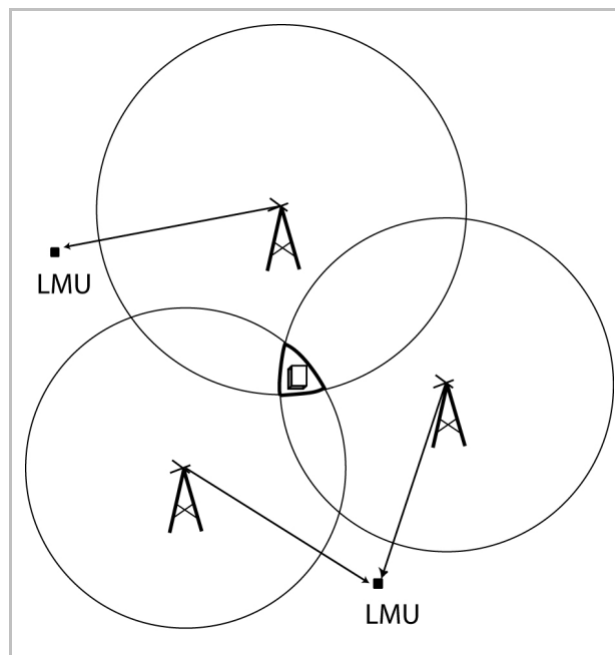


Abbildung 13: Positionsbestimmung mit E-OTD-Verfahren durch zusätzlicher Laufzeitmessung zu LMU

Folgerungen für die Bahngüterlogistik

Das Verfahren der Laufzeitdifferenzmessung ist eher ungeeignet für den Einsatz in der Bahngüterlogistik, obwohl die Messung von Laufzeitunterschieden die zuverlässigste und genaueste Methode ist, um mit GSM eine Position zu bestimmen. Dieses Verfahren wird von den meisten Herstellern der GSM-Positionierung in Amerika angewendet. Für die Positionsbestimmung sind jedoch drei Antennen notwendig, die in einer geeigneten Anordnung positioniert sein müssen. Dies hat unter Umständen Infrastrukturanpassungen zur Folge.

Die Methode basiert auf einer genauen Zeitreferenz. Die Uhren der mobilen Empfänger müssen für die Laufzeitmessung einen möglichst kleinen Drift und ein möglichst schwaches Phasenrauschen aufweisen. Falls der Drift zwischen den einzelnen Basisantennen zu gross wird, muss das System neu kalibriert werden. Bei den Basisstationen werden die ankommenden Signale mehrmals gefiltert. Die Einflüsse wie Zeit und Temperatur ändern jedoch ständig, so dass die Filter ebenfalls regelmässig kalibriert werden müssen. Die aktuelle Generation von Basisantennen erreicht in der Zeitmessung eine Genauigkeit von 50ns. Dies entspricht einer Genauigkeit der Positionsbestimmung von 15m, die alleine durch die Gerätekonfiguration erreicht werden kann. Einen weiteren grossen Einfluss auf die Genauigkeit bei GSM-Positionsverfahren besteht durch den Multipath-Effekt. In städtischen Gebieten kann die Verzögerung, mit der die Reflexion des Signals die Antenne erreicht, mehrere Mikrosekunden betragen, was in einem Positionsfehler von 300m bis 1500m resultiert (Ingensand et al., 2005). Einen weiteren Einfluss auf die Genauigkeit hat die Verteilung der Basisantennen. Je

schlechter die Antennen im Raum verteilt sind, umso mehr nimmt die Genauigkeit der Position ab.

In der Schweiz werden die Basisstationen von den Operateuren nicht synchronisiert. Es wird auch nicht erwartet, dass dies in den nächsten Jahren realisiert wird, da für die Betreiber kein direkter kommerzieller Nutzen entsteht. In Amerika wird dieses Verfahren angewendet, da die Operateure andere rechtliche Grundlagen verfolgen müssen (Mathis, 2005).

4.2 Photogrammetrie

Mit den Mitteln der Photogrammetrie können Objekte erfasst und identifiziert werden. Oft kommen so genannte Charged-Coupled-Device-Sensoren (CCD) zum Einsatz. Ein CCD-Chip ist ein ladungsgekoppeltes Bauelement und besteht aus einem ein- oder zweidimensionalen Array von Speicherelementen (Wikipedia, 2005). Dieser wird vor allem als Bildsensor bei Videokameras, Scannern und digitalen Fotoapparaten eingesetzt. Solche CCD-Chips werden in so genannten CCD-Kameras eingebaut (siehe Abbildung 14) und im Road Pricing bereits angewendet. Bei Videomautsystemen werden die Fahrzeug-Kontrollschilder automatisch ausgelesen. Dabei wird bei der Detektion das Nummernschild eines Fahrzeuges eingelesen und anhand von Bildverarbeitungsmethoden mit den zugelassenen Nummernschildern aus einer Datenbank verglichen (Rapp, 2004).



Abbildung 14: Ansicht einer CCD-Kamera

In erster Linie dient das System der Identifikationserfassung. Dabei wird eine eindeutige Identifikationsnummer vom Rollmaterial und Ladungsbehältern aufgenommen. Vorgängig müssen alle Fahrzeugidentifikationsnummern in Bilddateien, so genannten Templates umgewandelt werden. Mit Bildverarbeitungsalgorithmen wird zur aufgenommenen Fahrzeugnummer das passende Template gesucht und zugeordnet. Das Verfahren wird Template Matching genannt. Die Templates sind in einer Datenbank abgespeichert und werden dort verwaltet.

Folgerungen für die Bahngüterlogistik

Dieses Verfahren ist für die Bahngüterlogistik nicht geeignet. Um ein Ortungssystem in der Bahngüterlogistik zu realisieren, muss ein Netz von CCD-Sensoren aufgebaut werden, die an bestimmten Punkten die Fahrzeuge und Behälter identifizieren. Die Ortung erfolgt statisch und ist an die erstellten Erfassungsstationen gebunden. Dieses System hat jedoch den Vorteil, dass keinerlei Geräte an den Fahrzeugen und ITE montiert sein müssen. Nachteile ergeben sich, falls ein umfassendes Ortungsnetz realisiert werden soll. Dazu müssen sehr viele CCD-Sensoren auf dem Schienennetz in ganz Europa installiert werden. Zusätzlich ergeben sich Schwierigkeiten in der Bildverarbeitung der Identifikationsnummern, da ein Güterwagen auf seinen Seiten mehrere Nummern trägt. Für die Bildverarbeitung müssen die Identifikationsnummern in allen Ländern Europas an derselben Stelle eindeutig und klar abgrenzbar von den anderen Nummern am Gefährt geschrieben stehen. Die Bildverarbeitungssoftware ist nicht in der Lage, Nummern mit starker Verschmutzung zu interpretieren. So bleibt ein erheblicher Aufwand für die manuelle Interpretation mit personellem Aufwand bestehen. Der Wartungsaufwand wird erhöht, um die Nummern von Dreck zu säubern. Falls eine Nummer nur teilweise bedeckt ist, erfolgt dennoch eine Zuordnung zu einem Template.

4.3 Ortung mittels RFID-Technologie

Die Technologie Radio Frequency Identification (RFID) ist eine Methode, um Daten berührungslos und ohne Sichtkontakt lesen und speichern zu können. Ein Anwendungsfeld der RFID-Technologie ist der öffentliche Personennahverkehr, indem eine Chipkarte mit einem Geldbetrag geladen wird und bei einer Fahrt ein entsprechender Betrag abgebucht wird.

Die RFID Einheit besteht aus einem Transponder (Tag), einer Sende-Empfangs-Einheit (Reader) und der Integration mit Servern, Diensten und sonstigen Informatiksystemen. Auf dem RFID-Tag können Daten wie Eigentümer, Identifikationsnummer, Ursprungsland, ITE-Bauart etc. gespeichert werden. Das Auslesen dieser Daten geschieht per Radiowellen. Die Radiowellen werden durch induktive Kopplung zwischen der Spule im Transponder und der Spule des Readers erzeugt. In Abbildung 15 ist der prinzipielle Aufbau eines RFID-Systems aufgezeichnet. Voraussetzung für das Funktionieren dieses Systems ist jedoch, dass die Wellenlänge der verwendeten Frequenz sehr viel kleiner ist als die Entfernung zwischen Lesegerät und Transponder. Mit diesem System lassen sich ohne grösseren Aufwand Entfernungen bis zu 30cm überbrücken. Bei Entfernungen bis zu 1m und grösser muss die Sendeleistung der Readerantenne erheblich erhöht werden (Baiker, 2005).

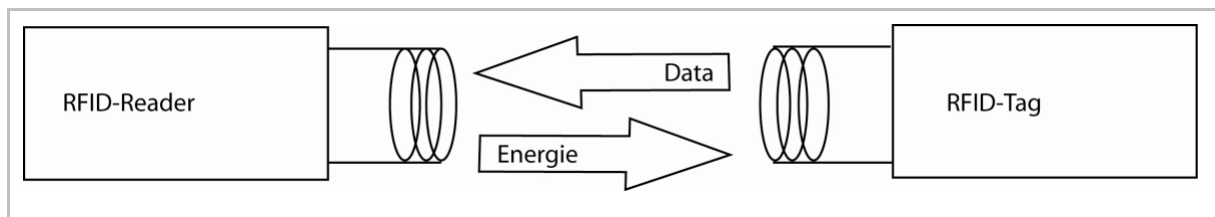


Abbildung 15: Prinzipieller Aufbau eines RFID-Systems mit RFID-Reader und -Tag (Quelle: Baiker, 2005)

Bei RFID-Systemen werden zwei unterschiedliche Verfahren zur Datenübertragung verwendet. Dabei wird zwischen Voll- und Halbduplexverfahren unterschieden (Finkenzeller, 2002):

- Vollduplexverfahren: Energie- und Datenübertragung findet gleichzeitig statt
- Halbduplexverfahren: Energie- und Datenübertragung findet abwechselnd statt

Im Einsatz von RFID in der Bahngüterlogistik ist das Vollduplexverfahren besser geeignet, da die Tags an den Fahrzeugen angebracht sind und die Energieversorgung nur über den RFID-Reader stattfindet.

Falls der Tag an der Unterseite eines Wagens auf Metall angebracht wird, muss ein anderes Medium von 1cm bis 2cm Dicke zwischen Metall und Tag geschaltet werden, damit es nicht zu Störungen kommt. Die Beschmutzung des Tags mit Wasser und Dreck ist soweit unproblematisch (Baiker, 2005).

Folgerungen für die Bahngüterlogistik

Die RFID-Technologie eignet sich wiederum nur bedingt für die Ortung in der Bahngüterlogistik. Die RFID-Antennen können wie die CCD-Kameras nicht auf dem Schienennetz der Nachbarländer installiert werden, und die Ortung der Fahrzeuge kann somit nicht beim Einsatz in ganz Europa erfolgen. Zudem müssten alle Fahrzeuge mit einem Tag ausgerüstet sein. Dies mag für die Ortung der eigenen Flotte problemlos zu bewerkstelligen sein, doch sobald andere Güterwagen der Nachbarländer z.B. bei der Zuckerrübenernte eingesetzt werden, müssten diese vorgängig mit einem Tag ausgerüstet werden, um die Vollständigkeit der Erfassung zu garantieren. Ein Vorteil gegenüber dem Verfahren mit Photogrammetrie ergibt sich daraus, dass der Tag auch beschmutzt gelesen werden kann. Der Tag kann aber nicht direkt auf Metall angebracht werden, da das Lesen der ID empfindlich gestört wird. Ein weiteres Problem ist der Informationsgehalt des Tags. Es können nur eine ID und sonstige Angaben im read-only Status auf dem Tag gespeichert werden. Weitere Daten können auch im read-write Status auf den Tag gespeichert und aktualisiert werden, wozu dem Tag jedoch zusätzliche Energie zugeführt werden muss oder dieser mit einer Batterie ausgestattet wird.

Je nach abgespeicherten Daten ist eine zusätzliche Datenbank notwendig, wenn sich die abgespeicherten Daten nicht mit den benötigten Daten der Bahngüterlogistik decken. Diese Datenbank muss gepflegt werden und immer auf dem aktuellen Stand sein.

4.4 Zusammenfassung der Vor- und Nachteile

Technologie	Abkürzung	Tag		Vorteile	Nachteile	Genauigkeit	Eignung für Bahngüterlogistik	
		notwendig						
GSM	Bestimmung der Herkunftszelle	COO	GSM-Empfänger	-Positionsbestimmung mit nur einer Antenne möglich	-Flächendeckendes Netz an Antennen mit Richtantennen notwendig -Genauigkeit von Antennendichte abhängig -Wartung Empfangseinheit -Ev. Datenbank notwendig für Zellen in Verbindung mit Eisenbahnnetz -Multipath-Effekte	ca. 100m	gut, mit Anpassungen in der Infrastruktur	
	Standlinienverfahren	AOA / DOA	GSM-Empfänger		-Für Positionsbestimmung mind. 2 Antennen -Flächendeckendes Netz an Antennen notwendig -Antennen-Array oder spezielle Antenne notwendig -Multipath-Effekte -Wartung Empfangseinheit	< 125m	nicht geeignet	
	Fingerprint-Verfahren		GSM-Empfänger	-keine direkte Sichtverbindung zur Antenne notwendig -Positionsbestimmung mit nur einer Antenne möglich	-Flächendeckendes Netz an Antennen notwendig -aufwändiges Vergleichen des Musters mit Templates -umfassende Datenbank -Aktualisierung der Muster -Wartung Empfangseinheit	< 125m	nicht geeignet	
	Hyperbelschnittverfahren							
	Distanzbestimmung durch Signalstärkemessung	RSS	GSM-Empfänger		-Multipath-Effekte -aufwändige Modellierung von Faktoren -Abstrahlungswinkel von Antenne bekannt -Wartung Empfangseinheit	keine Angaben	nicht geeignet	
	Positionsbestimmung durch Laufzeitdifferenzmessung	TDOA	GSM-Empfänger	-Genaue und zuverlässigste Methode -Genauigkeit unabhängig von Distanz zur Antenne	-Für Positionsbestimmung mind. 3 Antennen -Genauigkeit von Antennenverteilung abhängig -Genaue Zeitreferenz notwendig -Periodisch Netzwerkkalibrierung notwendig -Wartung Empfangseinheit -Multipath-Effekte	< 125m	nicht geeignet	
Positionsbestimmung durch Laufzeitdifferenzmessung	E-OTD	GSM-Empfänger	-Genaue und zuverlässigste Methode -Genauigkeit unabhängig von Distanz zur Antenne	-Für Positionsbestimmung mind. 3 Antennen und 3 LMU -Basislinie zwischen Antenne und LMU bekannt -Periodisch Netzwerkkalibrierung notwendig -Wartung Empfangseinheit -Multipath-Effekte	< 125m	nicht geeignet		
CCD	Photogrammetrische Bestimmung der Identifikationsnummer	CCD	nein	-Kein Anbringen von Tags am Fahrzeug -Geringe Wartung des Fahrzeuges -Erfassung von Identifikationsnummern fremder Fahrzeuge	-Flächendeckendes Netz an CCD-Kameras notwendig -Grosser Aufwand im Postprocessing für unleserliche Identifikationsnummern -Datenbank der verkehrenden Fahrzeuge notwendig für Template Matching -Wartungsaufwand Säuberung Identifikationsnummern	gemäss Netz an CCD-Kameras	nicht geeignet	
RFID	Auslesen Identifikationsnummer des Tags mit Induktion	RFID	RFID-Tag	-Lesbarkeit des Tags -Geringe Wartung des Tags	-Flächendeckendes Netz an RFID-Readern notwendig -Ausrüstung aller Fahrzeuge mit RFID-Tag -Ev. Datenbank für Referenzierung Fahrzeugnummer mit Tag	gemäss Netz an RFID-Reader	nicht geeignet	

Tabelle 4: Zusammenstellung der alternativen Ortungsverfahren mit Vor- und Nachteilen und mit Angaben zur Genauigkeit

5 Feldversuch mit GPS

Als Bestandteil der Diplomarbeit wird der Einsatz von GPS auf einem Güterzug getestet. Dabei soll die Situation simuliert werden, wenn ein Disponent einen verlorenen Güterwagen verfolgt. Zu diesem Zweck muss das Gerät in der Lage sein, in Echtzeit seine gemessene Position an den Disponenten zu senden.

5.1 Grundlagen und Geräte

- Als Grundlagendaten steht die Pixelkarte 1:1'000'000 der ganzen Schweiz von swisstopo zur Verfügung. Diese Karte dient als Hintergrundinformation, um den aufgenommenen Pfad des gefahrenen Güterzuges während der Fahrt und für das Postprocessing zu visualisieren.
- Für weitere Auswertungen im Postprocessing werden die Pixelkarten 1:25'000 rund um Basel von swisstopo verwendet.
- Dem Disponenten steht das gesamte Kartenmaterial der Schweiz des IVT zur Verfügung. Darin sind die Karten mit Massstäben 1:25'000 bis 1:1'000'000 der swisstopo enthalten.

Als GPS-Empfänger wurden zwei Modelle von μ -blox eingesetzt, die mit externen 12V Batterien betrieben wurden. Der eine Empfänger entstammt dem μ -blox Antaris-Eval-Kit. Dies ist ein kleines und handliches Empfängerset, dessen Hard- und Software auf den Einsatz in der Echtzeitnavigation ausgelegt ist. Das Set kann auch schwache Signale empfangen und daraus Navigationslösungen berechnen. Zusätzlich wird das schnelle Berechnen einer ersten Position mit optimierten Algorithmen erreicht. Somit kann in kurzer Zeit nach einem Ausfall, z.B. beim Befahren eines Tunnels, eine neue Position berechnet werden. Der im Antaris-Eval-Kit eingebaute TIM-LP-Empfänger empfängt die von den GPS-Satelliten ausgesendeten L1-Frequenzen und arbeitet mit dem C/A-Code. Bei einer Korrelationsgenauigkeit von 1% ergibt dies eine Messgenauigkeit für die Pseudorange von etwa 3m (Forster et al., 2004).

Zum andern wurde eine Spezialanfertigung eines μ -blox-Empfängers eingesetzt. Um die Position in Echtzeit auszugeben, ist eine GSM-Einheit in den Receiver (siehe Abbildung 17) eingebaut. Die GSM-Einheit hat eine geladene SIM-Karte, die durch das Senden eines SMS (Short Message Service) angesprochen werden kann. Auf jede Anfrage wird eine SMS-Antwort mit Angaben zur Länge und Breite im World-Geodetic-System 1984 (WGS84) zurückgesendet.

5.2 Durchführung Feldversuch

Am 26. Mai 2005 wurde eine Testfahrt für eine neue Lokomotivserie von Basel Kleinhüningen nach St. Paulo Bellinzona durchgeführt. Der Zug konnte gemäss Übersicht in der Abbildung 16 von Basel nach Erstfeld mit den GPS-Geräten verfolgt werden. Die Zugkomposition bestand aus vier Lokomotiven und einer Anzahl von Güterwagen, die Stahlrollen transportierten.

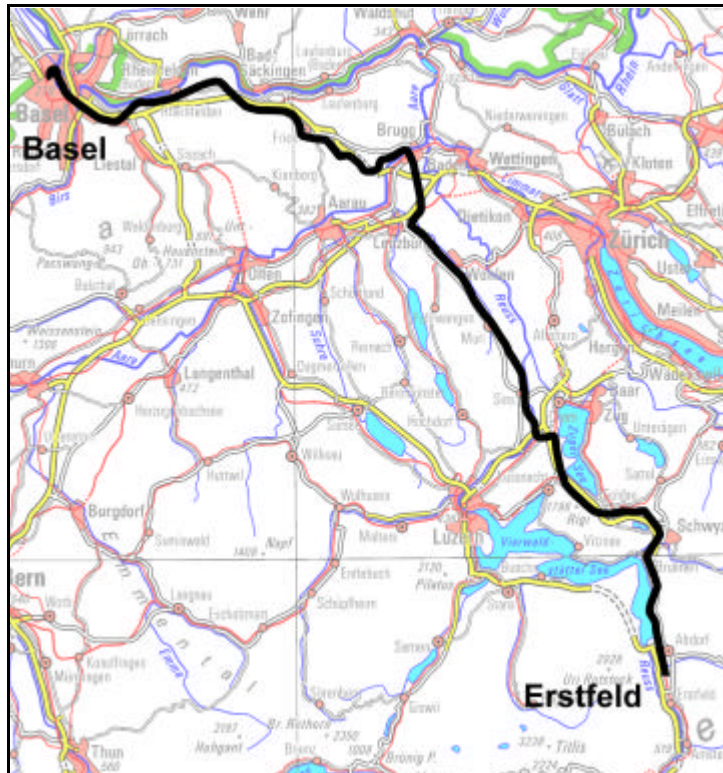


Abbildung 16: Übersicht der getrackten Strecke von Basel nach Erstfeld

Die Geräte konnten in der dritten Lok installiert werden. Gemäss Abbildung 17 wurde eine der μ -blox-Antennen vorne bei der Scheibe positioniert. Obwohl die Antenne innerhalb des Lokführerstandes positioniert war, wurde der Empfang der Signale nicht beeinträchtigt. Die empfangenen Signale der Satelliten wurden an den Receiver übertragen, der mit der externen Batterie betrieben wurde.

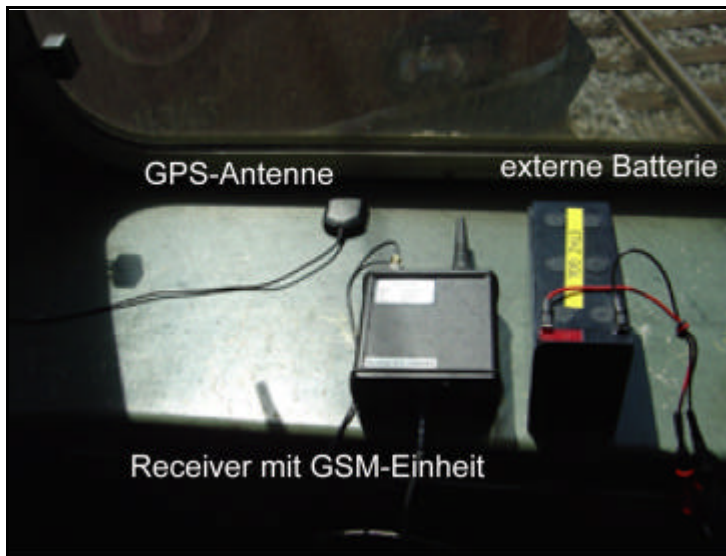


Abbildung 17: Versuchsanordnung des GPS-Empfängers mit einer eingebauten GSM-Einheit im Receiver

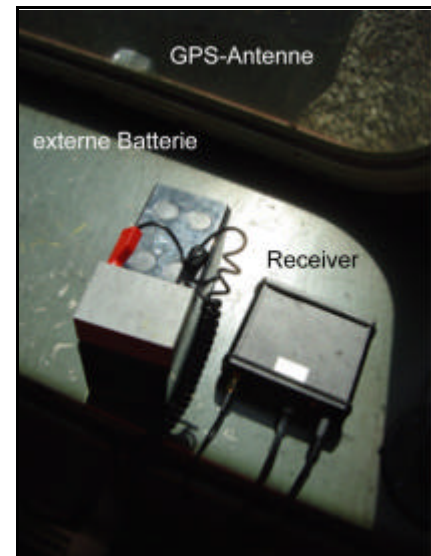


Abbildung 18: Versuchsanordnung µ-blox Antaris-Eval-Kit zur Aufzeichnung der getrackten Strecke

Ein Hilfsassistent des Instituts für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT) übernahm die Rolle eines Disponenten und schickte im Intervall von zehn Minuten ein SMS ohne Text an das GSM-Modul. Auf jede Anfrage hin wurde ein SMS mit Angaben zur Länge und Breite im WGS84-System generiert und an den Hilfsassistenten zurückgesendet. Dieser rechnete die Koordinate mittels Umrechnungsprogramm der swisstopo in Schweizerische Landeskoordinaten um und konnte auf den Karten, die ihm zur Verfügung standen, die Position suchen. Somit konnte er den Zug aufgrund der regelmässigen Anfragen verfolgen (siehe Anhang A5 und A6).

Da mit dieser Versuchsanordnung nur bedingt der Empfang der Satelliten überwacht werden konnte, wurde das µ-blox Antaris-Eval-Kit an den Laptop angehängt. Die Antenne des zweiten Gerätes wurde gemäss Abbildung 18 auf dem Geländer ausserhalb des Lokführerstandes mit Klebeband fixiert.

Auf dem Laptop war das µ-center Antaris-Edition installiert. Mit dieser Software können die Daten in Echtzeit analysiert und die einzelnen Attribute der Messungen (siehe Abbildung 19) eingesehen werden. Die Attribute wie die Satellitenverfügbarkeit, Geschwindigkeit und Fahrtrichtung des Fahrzeuges sowie Zeitangaben sind neben dem Kartenausschnitt platziert. Der grösste Nutzen der Software ist jedoch die Anzeige der Position, die mit der Karte 1:1'000'000 hinterlegt werden kann. Die grüne Linie stellt in der Abbildung 19 die getrackte Fahrt des Güterzuges dar. Die roten Linien stellen das Schienennetz in der Schweiz dar. Somit wird die

Orientierung erleichtert, und es ist sofort abschätzbar, ob das GPS-Gerät die gewünschte Genauigkeit der Position und Verfügbarkeit der Satelliten erstellt.

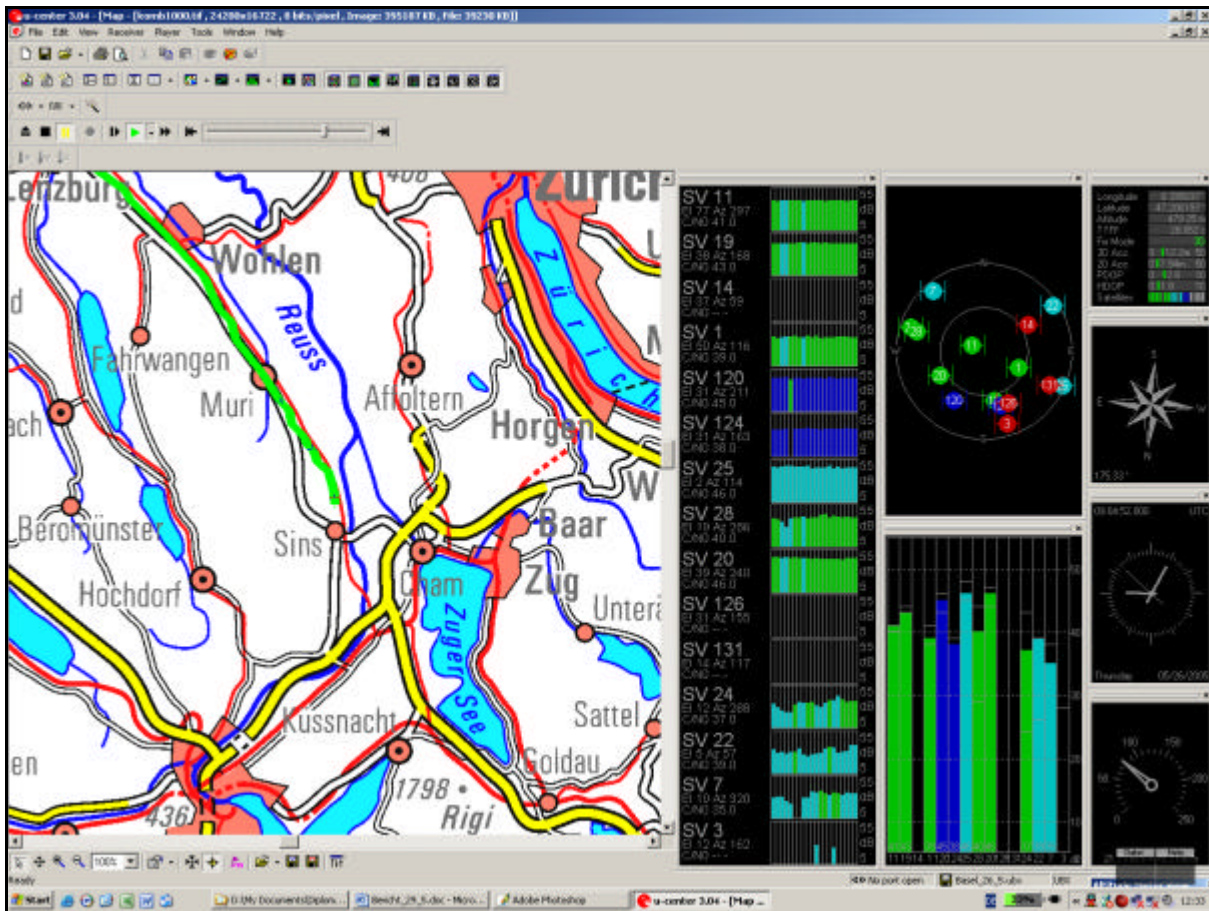


Abbildung 19: Benutzeroberfläche der Software μ -center mit Kartenansicht der getrackten Strecke (grün) und Angaben zur Satellitenverfügbarkeit, Orientierung und Geschwindigkeit

5.3 Auswertung

Die Durchführung des Feldversuches war erfolgreich. In Kapitel 5.3.1 wird auf die Qualität der Daten eingegangen, die nach dem Feldversuch aus dem μ -blox Antaris-Eval-Kit resultieren und in Kapitel 5.3.2 wird auf die Erfahrungen eingegangen, die resultieren, wenn ein Güterzug online mit SMS-Abfragen geortet wird.

5.3.1 Qualität der Daten

Bereits während des Feldversuches konnte erkannt werden, dass die Qualität der Daten generell gut ist. Auf der 1:1'000'000 Pixelkarte kann aufgrund des rot eingezeichneten Schienennetzes überprüft werden, ob die getrackten Daten ungefähr auf dem Schienennetz verlaufen.

Während weiten Teilen stimmt die Überdeckung zwischen der getrackten Strecke und dem Schienennetz sehr gut überein, was auch aus der Abbildung 20 hervorgeht. Doch bei Frick stimmen die getrackten Daten mit der Kartengrundlage gemäss Abbildung 21 nicht sehr gut überein. Die Karte 1:1'000'000 ist sehr stark generalisiert. Aus diesem Grund kann angenommen werden, dass die GPS-Daten mit einer Genauigkeit zwischen 5m und 20m den tatsächlichen Verlauf der Schiene repräsentieren.

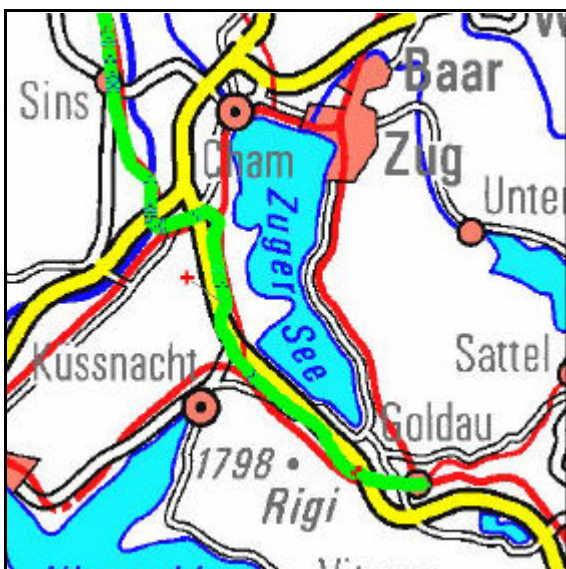


Abbildung 20: Sehr gute Abdeckung Schienennetz (rot) und getrackte Daten (grün) bei Küssnacht mit Kartengrundlage 1:1'000'000

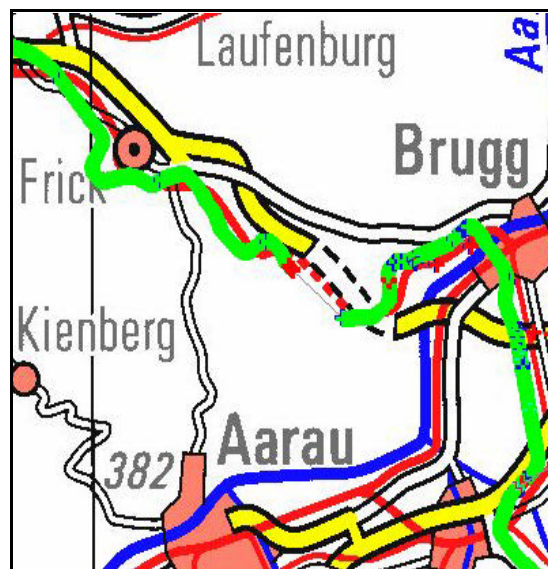


Abbildung 21: Schlechte Abdeckung Schienennetz (rot) und getrackte Daten (grün) bei Frick mit Kartengrundlage 1:1'000'000

In Abbildung 21 ist ersichtlich was passiert, wenn der Güterzug mit dem GPS-Empfänger in einen Tunnel fährt. Sobald der Güterzug im Portal verschwindet, empfängt die GPS-Antenne keine Satellitensignale. Das Programm μ center zeigt dies mit einem roten Kreuz an und bleibt am Portal stehen. Sobald der Zug aus dem Tunnel hervorkommt, findet die Antenne die Signale schnell wieder und kann eine Position zuordnen. Somit springt die Position um die Länge des Tunnels vorwärts und der Zug kann in gewohnter Weise getrackt werden. Während der Fahrt gab es keine grösseren Ausfälle, die nicht aufgrund eines Tunnels oder eines breiten Bahnüberganges resultierten.

Die Schätzung der erreichten Genauigkeit auf 10m bis 20m wird bestätigt, wenn eine Karte mit kleinerem Massstab hinterlegt wird. Gemäss Abbildung 22 wird beim Güterbahnhof Kleinhünigen bei Basel erkannt, in welchem Teil der Gleise der Güterzug gefahren ist. Die Position kann bis auf 10m Genauigkeit herausgelesen werden. Ein aussagekräftiger Vergleich der Dimensionen zur Aussage der Genauigkeit wird erreicht, indem 20m aus dem Kartenblatt 1:25'000 gemessen und in die Pixelkarte eingetragen werden. Diese Aussage ist ohne Daten

der amtlichen Vermessung nicht verifizierbar. Als Schlussfolgerung kann ausgesagt werden, dass mit GPS abgeklärt werden kann, in welchem Teil eines Knotenpunktes sich das Rollmaterial befindet.

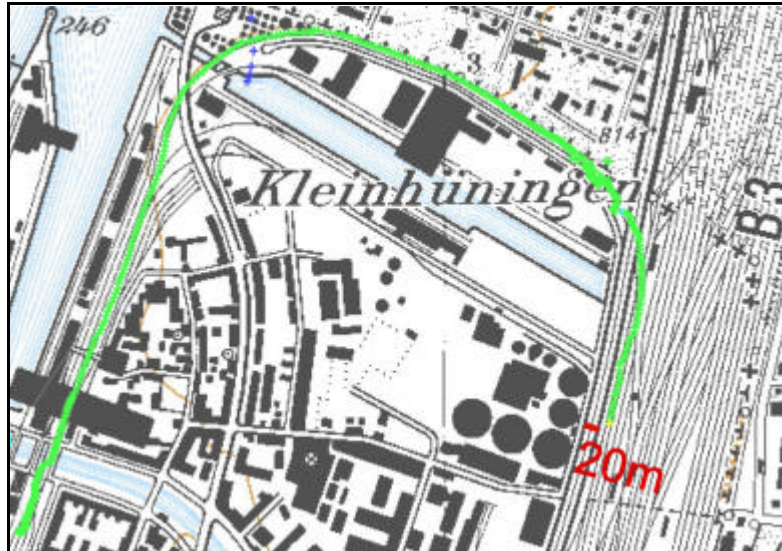


Abbildung 22: Getrackte Daten auf Karte 1:25'000 im Vergleich zur Strecke von 20m. Es ist erkennbar, in welchem Teil des Knotenpunktes sich der Güterzug befindet

5.3.2 Einsatz GPS für Disposition

Gemäss dem Hilfsassistenten Gabriel Anderhub konnte der Zug während der ganzen Fahrt verfolgt werden. Die erhaltenen Koordinaten im WGS84 wurden in Landeskoordinaten umgerechnet und mit Hilfe von 1:100'000 Karten einer nahen Ortschaft zugeordnet. Beim Lokalisieren konnte sogleich die Eisenbahnlinie als erster geometrischer Ort erkannt und somit die Positionierung erleichtert werden.

Die SMS wurden im Intervall von 10 Minuten an das GSM-Modul geschickt. Innerhalb von 20 Sekunden lag die Antwort vor. Bei einer Positionsabfrage verschwand der Zug im Tunnel, somit dauerte die Übertragung des SMS rund 3 Minuten. Als Position wurde die Position kurz vor Tunneleinfahrt übermittelt.

5.4 Interpretation der Resultate

Allgemein

Wie bereits erwähnt, war die Durchführung des Feldversuches sehr erfolgreich. Grundsätzlich ist die GPS-Ortung für die Disposition von Rollmaterial geeignet. Die Installation der beiden

GPS-Geräte dauerte nur wenige Minuten und die Antennen konnten gemäss ihrer Platzierung die Satellitendaten gut empfangen. Während der ganzen Fahrt liefen die Geräte ohne Schwierigkeiten und mit der visuellen Kontrolle am Laptop konnte sofort überprüft werden, ob der Feldversuch zum Gelingen kommt.

Messanordnung

Die Messanordnung wäre auch für den dauerhaften Einsatz in der Bahngüterlogistik geeignet. Für den dauerhaften Einsatz wäre die Ortung nur mit einem Gerät notwendig, das mit einem GSM-Modul ausgerüstet ist. Dazu müsste jedoch die Installation dauerhaft oder kompakt in mobilen Kisten konfiguriert sein, damit auch bei Hektik die Fehlerquellen beim Installieren vermindert werden.

Abfrageintervall

Das Intervall von zehn Minuten war auf weiten Teilen des Schienennetzes ausreichend, um den Zug zuverlässig zu verfolgen. Sobald jedoch das Schienennetz verdichtet und verzettelt ist, z.B. rund um Basel, ist es schwieriger, innert kurzer Zeit den Weg zu erraten, den der Güterzug zurücklegen wird. Es wäre von Vorteil, wenn der Disponent bei der Abfahrt vom GPS-Empfänger eine Meldung erhält, dass der Zug bewegt wird. Während der Zug steht, machen die zusätzlichen Positionierungsabfragen keinen Sinn. Falls keine Abfahrtmeldung erfolgt und die Position in einem bestimmten Intervall erhoben wird, kann der Zug inzwischen bereits einige Kilometer zurückgelegt haben.

Die Tunnels bereiten keine Schwierigkeiten, da der Zug aus einem Tunnel nicht einfach verschwinden kann. Der Disponent weiss, dass sich der Zug im Tunnel befindet und in der Regel auf der anderen Seite wieder ans Tageslicht findet.

Kartengrundlage

Mit einer grossen Kartengrundlage ist die Übersicht bei der Verfolgung gewährleistet. Dazu eignet sich z.B. eine Karte, die nur das Schienennetz von Europa im Massstab von 1:1'000'000 darstellt. Die Karte müsste jedoch für eine geeignete Disposition das umfangreiche Schienennetz rund um grosse Städte abbilden. Da im städtischen Gebiet nicht jede Schiene in einem solch hohen Massstab abbildbar ist, können bei diesen Gebieten Karten mit kleinerem Massstab hinterlegt werden wie z.B. die Karte 1:25'000. Dadurch könnte ein Güterzug auch auf einem Rangierbahnhof geortet werden. Es ist jedoch nicht möglich zu bestimmen, auf welcher Schiene der Zug fährt. Trotzdem ist erkennbar, in welchem Teil des Rangierbahnhofes sich der Güterzug befindet. Grundsätzlich würde ein digitales Kartenwerk mit verschiedenen Massstäben des Schienennetzes ausreichen. Falls mehrere Fahrzeuge geortet werden sollen, müssten diese gut unterscheidbar sein, z.B. mit Nummern oder Farben. Da die Fahrzeuge in ganz Europa verstreut sein können, wäre es sinnvoll, wenn ein Suchtool bei der

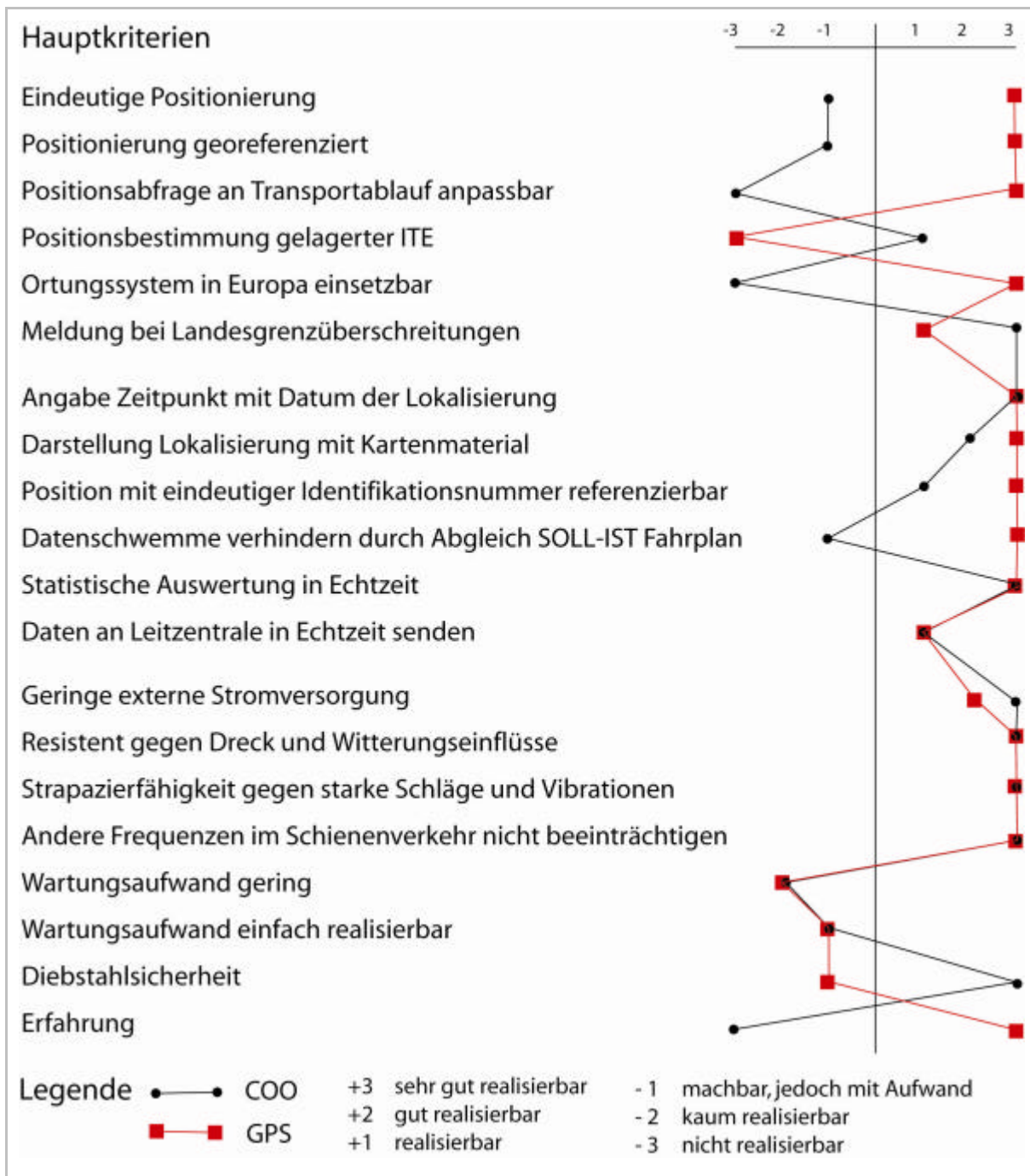
graphischen Oberfläche implementiert wäre, mit dem ein bestimmtes Fahrzeug geortet werden kann.

6 Evaluation eines geeigneten Ortungssystems

Da gemäss Kapitel 4 und durch die erfolgreiche Durchführung des Feldversuches zwei Ortungstechnologien in der Bahngüterlogistik in Frage kommen, kann mit der Checklisten-Methode evaluiert werden, welche sich besser für den Einsatz eignet. Dazu werden den Anforderungen, die in Kapitel 3.5 beschrieben sind, Punkte zugeteilt. Die Technologie mit der höheren Punktzahl wird für den dauerhaften Einsatz in der Bahngüterlogistik vorgeschlagen. Die Checklisten-Methode entspricht einer vereinfachten Nutzwertanalyse, bei der nur grob die Anforderungen bewertet werden. Zusätzlich zur Checklisten-Methode werden die möglichen Kosten betreffend Investition, Betrieb und Unterhalt abgeschätzt.

6.1 Checklistenmethode für COO und GPS

Bei der Checklisten-Methode werden die Ortungsverfahren COO der GSM-Technologie und GPS miteinander verglichen. Die Vergleichskriterien sind die Anforderungen, die gemäss Kapitel 3.5 in Hauptkriterien und Nebenkriterien eingeteilt und beschrieben sind. Die Anforderungen sind nicht quantifizierbar und werden je Verfahren nur qualitativ bewertet. Die Bewertungsskala reicht von -3 bis +3 und lässt nur ganze Schritte zu. -3 steht für nicht realisierbar und +3 für sehr gut realisierbar. Die Hauptkriterien werden zu 100% und die Nebenkriterien nur zu 50% gewichtet. Dasjenige Verfahren, das die höchste Punktzahl in der Summe erreicht, ist nach den gestellten Anforderungen besser geeignet.



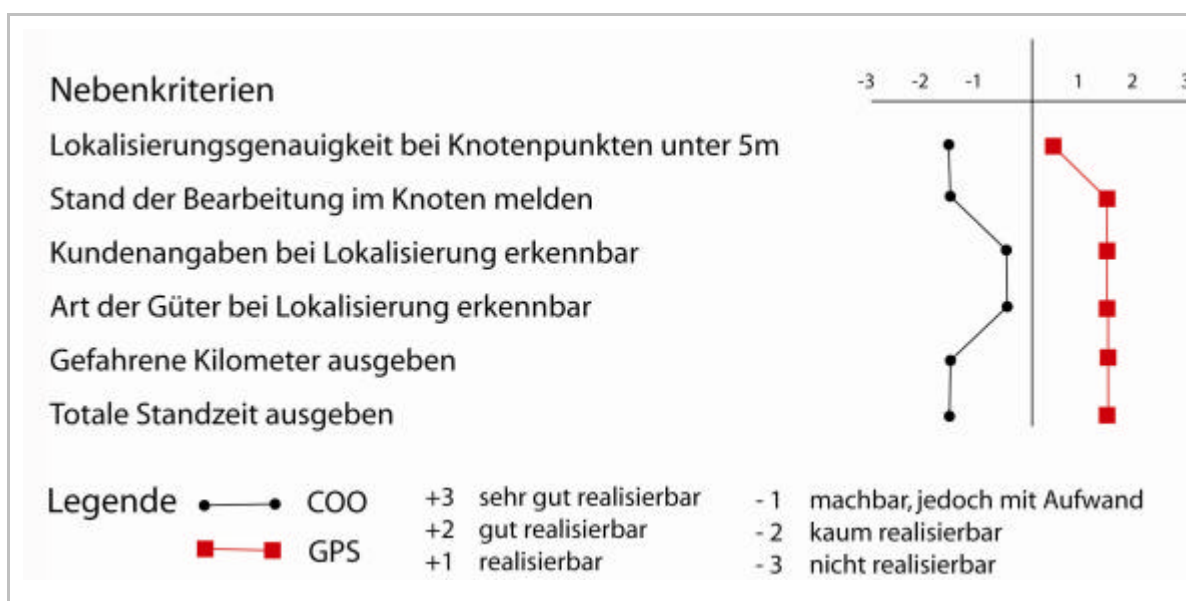


Abbildung 23: Gegenüberstellung des COO- und GPS-Verfahrens aufgrund der Checklisten-Methode

Gemäss Zusammenstellung im Anhang A7 erhält das GPS-Verfahren 41.0 Punkte von 69 möglichen Punkten und das COO-Verfahren 12.0 Punkte. Nach diesen Kriterien eignet sich das GPS-Verfahren besser als das COO-Verfahren für die Ortung in der Bahngüterlogistik.

Gemäss Abbildung 23 hat das COO-Verfahren vor allem bei der Genauigkeit und der Georeferenzierung der Positionsangaben grosse Schwachpunkte. Bei GPS wird unmittelbar eine Position mit Genauigkeit von 10m bis 20m ausgegeben (siehe Kapitel 5.3.1). Beim COO-Verfahren liegt die Genauigkeit der Ortung bei ca. 100m (Morche, 2005). Zudem liegt nicht eine eigentliche Position vor, sondern eine Fläche, in der jedoch nicht abgeschätzt werden kann, wo sich der Zug genau befindet. Mit diesen Angaben sind statistische Auswertungen und Nebenprodukte, die aufgrund der Georeferenzierung berechnet werden können, nur schwer zu realisieren. Mit GPS kann dies aufgrund der genauen Koordinatenangaben einfacher geschehen. Ein weiterer grosser Nachteil beim COO-Verfahren liegt in der Flexibilität. Gemäss Herr Morche kann das Gerät höchstens viermal täglich geortet werden. Die Anzahl der Lokalisierungsabfragen kann nicht flexibel an die Bedürfnisse angepasst werden. Auch diese Punkte sprechen klar für die Ortung mittels GPS.

Um die mögliche Position einzuschränken gibt es für das COO-Verfahren die Möglichkeit, das Schienennetz als erster geometrischer Ort zu benutzen und mit Map Matching (Forster et al., 2004) zu beschränken.

Der Einsatz eines GPS-Gerätes bringt auch Nachteile mit sich, die beim COO-Verfahren nicht so stark ins Gewicht fallen. Die externe Stromversorgung ist bei einem GPS-Gerät grösser, da

mehrere Positionen am Tag abgefragt werden können und das Gerät für den Datenaustausch ein GSM-Modul enthält, das ebenfalls Strom benötigt. Ein weiterer Nachteil ergibt sich bei GPS, wenn Grenzen überschritten werden. Beim COO-Verfahren wird direkt ausgegeben, dass der Sensor in einer Zelle im Ausland geortet wurde. Bei GPS muss dies umständlich berechnet werden.

Ein weiteres Hauptkriterium ist die Diebstahlsicherheit, bei der ein COO-Gerät besser abschneidet als ein GPS-Gerät. Die GPS-Antenne muss möglichst unter freiem Himmel oder hinter einer Glasscheibe positioniert werden. Falls Güterwagen oder ITE geortet werden sollen, muss das Gerät auf dem Dach angebracht werden, damit der Satellitenempfang gewährleistet ist. Ein COO-Gerät funktioniert auch innerhalb eines Containers und ist somit vor Diebstahl geschützt. Zudem ist die Positionierung von ITE z.B. bei Seehäfen mit GPS nicht möglich, wenn diese nahe beieinander stehen und mehrfach gestapelt sind. Für COO ist dies jedoch möglich, doch mit einem Genauigkeitsverlust verbunden, da die Signale der Basisantenne durch Multipath verschlechtert werden.

Zusammenfassend lässt sich erkennen, dass gemäss Checkliste aus Anhang A7 und der Abbildung 23 das GPS-Gerät besser für den Einsatz in der Bahngüterlogistik geeignet ist, da es durch seine Flexibilität im Einsatz und den Möglichkeiten in der Nachbearbeitung besticht. Der Einsatz von GSM-Ortungsverfahren kommt im Moment im europäischen Einsatz nicht in Frage, da die Ortung länderübergreifend den Mobilnetzanbietern aus Datenschutzgründen nicht erlaubt ist. Jedoch sollte die Ortung in zwei bis drei Jahren auch länderübergreifend möglich sein (Morche, 2005).

6.2 Kostenabschätzung

Zusätzlich zur Checklistenanalyse werden die anfallenden Investitions-, Betriebs- und Unterhaltskosten beziffert, die bei der Einführung einer dieser Technologien für den dauerhaften Einsatz in der Bahngüterlogistik anfallen werden. Zu diesem Zweck wurden die Firmen SECUTrack, die GSM-Ortungslösungen verkauft (Morche, 2005), und Cabtronix AG (Kellner, 2005), die GPS-Module anbietet, befragt. Die Preise beziehen sich auf ein einzelnes Gerät, sobald jedoch die Bestellanzahl steigt, kann bei den Investitions- und Betriebskosten eine Reduktion von bis zu 30% bei den Anbietern erreicht werden. Für anfallende Arbeiten wie Installationen, Wartungsarbeiten und Planung wird mit einem Tagesansatz von CHF 1'000 und bei Experten mit CHF 1'500 gerechnet. Diese Kostenzusammenstellung bezieht sich auf die SBB Cargo, deren Wagenpark 12'000 Güterwagen und 444 Lokomotiven beinhaltet. Die SBB Cargo besitzt keine eigenen ITE, sondern mietet diese bei Spediteuren (Rüdlinger, 2005).

6.2.1 Investitionskosten

Investitionskosten	Anzahl	GPS-Konfiguration [CHF]	Anzahl	COO-Konfiguration [CHF]
Gerät	1	2'000	1	890
Stromversorgung	1x Gelbatterie 80 Ah	300	1x Gelbatterie 80 Ah	300
Solarpanel	1	180	1	180
Gehäuse	1	20	1	20
Installation Gerät	1 Stunde	150	1 Stunde	150
TOTAL Investitionskosten pro Gerät		2'650		1'540

Tabelle 5: Investitionskosten für eine GPS- oder COO Konfiguration in CHF

Die Investitionskosten belaufen sich bei der GPS-Konfiguration auf CHF 2600 und bei der COO-Konfiguration auf CHF 1500 (siehe Tabelle 5). Die Investitionskosten beinhalten das Gerät, sowie die Stromversorgung, die möglicherweise aus einer Gelbatterie und einem Solarpanel bestehen könnte. Die Installation des Gerätes wird mit CHF 150 veranschlagt.

Zu den Investitionskosten des Gerätes müssen auch die Planungskosten gemäss Tabelle 6 berücksichtigt werden. Es wird damit gerechnet, dass ca. drei Jahre von der ersten Planungsphase bis zur Installation der Geräte verstreichen werden.

Software Datenbank	1	1'000	1	1'000
Planungsarbeit	6 Monate	120'000	6 Monate	120'000
Systemherstellung Prototyp (Gerät, Software)	6 Monate	120'000	6 Monate	120'000
Anbindung an CIS	6 Monate	120'000	6 Monate	120'000
externe Expertisen	6 Monate	180'000	6 Monate	180'000
Testphase und Modifikationen	6 Monate	120'000	6 Monate	120'000
Gerätekonfiguration	6 Monate	120'000	6 Monate	120'000
Ausrüstung ganze Flotte Güterwagen (12'000 x Investitionskosten pro Gerät)	12'000	31'800'000	12'000	18'480'000
TOTAL Investitionskosten der Güterwagen		32'581'000		19'261'000
Ausrüstung ganze Flotte Lokomotiven	444	1'176'600	444	683'760
TOTAL Investitionskosten der Lokomotiven		1'717'600		1'224'760

Tabelle 6: Gesamtsumme der Investitionskosten in CHF

Somit ergeben sich gemäss Tabelle 7 Investitionskosten pro Gerät beim GPS mit Lebensdauer von zehn Jahren CHF 265 pro Jahr und beim COO-Gerät mit Lebensdauer von vier Jahren Kosten von CHF 385 pro Jahr. Falls alle Lokomotiven oder Güterwagen mit einem Gerät ausgestattet werden sollen, geht der Betrag in die Millionen.

Investitionskosten	Anzahl	GPS-Konfiguration [CHF]	COO-Konfiguration [CHF]
TOTAL pro Jahr pro Gerät	10 Jahre Lebensdauer	265	4 Jahre Lebensdauer 385
TOTAL Investitionskosten pro Jahr der Güterwagen	12'000 à 10 Jahre Lebensdauer	3'258'100	12'000 à 4 Jahre Lebensdauer 4'815'250
TOTAL Investitionskosten pro Jahr der Lokomotiven	444 à 10 Jahre Lebensdauer	171'760	444 à 4 Jahre Lebensdauer 306'190

Tabelle 7: Investitionskosten pro Gerät im Jahr⁴ in CHF

6.2.2 Betriebskosten

Betriebskosten pro Jahr	Anzahl	GPS-Konfiguration [CHF]	COO-Konfiguration [CHF]
Datenübertragungskosten während eines Jahres	4 x pro Tag mit SMS-Kosten von 0.4 CHF (Anfrage/Antwort)	584	4 x pro Tag mit SMS-Kosten von 0.2 CHF (Anfrage) 292
Auswertungen pro Gerät	4 Stunden	500	4 Stunden 500
TOTAL Betriebskosten pro Jahr pro Gerät		1'084	792
TOTAL Betriebskosten pro Jahr der Güterwagen	12'000	13'008'000	12'000 9'504'000
TOTAL Betriebskosten pro Jahr der Lokomotiven	444	481'296	444 351'648

Tabelle 8: Anfallende Betriebskosten des Gerätes pro Jahr in CHF

Die Betriebskosten beschränken sich gemäss Tabelle 8 auf die Datenübertragungskosten und allfällige Auswertungen pro Gerät. Für die Auswertung der Daten müssen umfangreiche Softwarepakete vorliegen. Der Aufwand für die statistische Auswertung eines Gerätes, resp. eines Fahrzeuges oder einer ITE beschränkt sich auf die Ausführung der Software.

Zum Vergleich der beiden Konfigurationen soll die Lokalisierung eines Gerätes nur viermal pro Tag abgerufen werden. Bei der GPS-Konfiguration kann mit einem SMS eine Lokalisierung angefordert werden, die dann auch mit einem SMS geliefert wird. Somit muss für diese Konfiguration mit zwei SMS operiert werden. Bei der COO-Konfiguration können Anfragen nicht flexibel gesetzt werden, sondern die Lokalisierungsdaten werden automatisch übertragen. Falls eine hohe Anzahl SMS empfangen und versendet wird, kann wiederum mit Rabatten bei den Mobilnetzbetreibern gerechnet werden.

⁴ Total Investitionskosten pro Jahr der Güterwagen = Total Investitionskosten der Güterwagen / Lebensdauer; Analog für Lokomotiven

Eine weitere Möglichkeit besteht, die Meldungen über das bahneigene GSM-Netz (GSM-R) zu senden, doch konnten die anfallenden Kosten für ein SMS nicht beziffert werden. Ein Vorteil dieser technisch machbaren Lösung ist, dass der Geldfluss im Hause der SBB bleibt.

6.2.3 Unterhaltskosten

Unterhaltskosten pro Jahr	Anzahl	GPS-Konfiguration [CHF]	COO-Konfiguration [CHF]
Wartungsaufwand + Erneuerung	2 Stunden	300	2 Stunden 300
Ersatz von Solarpanel und Gelbatterie	5 Jahre Lebensdauer	96	5 Jahre Lebensdauer 96
TOTAL Unterhaltskosten pro Jahr pro Gerät		396	396
TOTAL Unterhaltskosten pro Jahr der Güterwagen	12'000	4'752'000	12'000 4'752'000
TOTAL Unterhaltskosten pro Jahr der Lokomotiven	444	175'824	444 175'824

Tabelle 9: Zusätzliche Unterhaltskosten des Gerätes pro Jahr in CHF

Die Unterhaltskosten gestalten sich bei der GPS- sowie der COO-Konfiguration gleich. Die Unterhaltsarbeiten beschränken sich bei einem Gerät auf zwei Stunden pro Jahr, wenn Batterien ausgetauscht und aufgeladen werden oder die Solarpanels gereinigt werden müssen. Ein Solarpanel und eine Gelbatterie weisen jedoch nur eine Lebensdauer von fünf Jahren aus. So ist deren Ersatz zusätzlich zur Investition bei den Unterhaltskosten zu rechnen.

6.2.4 Kostenaufwand pro Jahr

Kostenabschätzung pro Jahr	Anzahl	GPS-Konfiguration [CHF]	COO-Konfiguration [CHF]
TOTAL pro Jahr Gerät		1'745	1'573
TOTAL pro Jahr der Güterwagen	12'000	21'018'100	12'000 19'071'250
TOTAL pro Jahr der Lokomotiven	444	828'880	444 833'662

Tabelle 10: Zusammenstellung des Kostenaufwandes pro Jahr⁵ in CHF

Gemäss der Schätzung von Investitions-, Betriebs- und Unterhaltskosten kann erkannt werden, dass die Kosten pro Jahr für beide Konfigurationen um bis zu CHF 200 differenzieren.

⁵ TOTAL pro Jahr Gerät = TOTAL Investitionskosten pro Jahr pro Gerät + TOTAL Betriebskosten pro Jahr pro Gerät + TOTAL Unterhaltskosten pro Jahr pro Gerät

Durch die hohen Kosten der Datenübertragung sind die Betriebskosten sehr hoch und machen beim Kostenaufwand pro Jahr bis zu 60% aus.

6.3 Entscheid

Die GPS-Konfiguration hat beim Checklistenverfahren entsprechend der gestellten Anforderungen deutlich besser abgeschnitten als die COO-Konfiguration. Zusammenfassend sind die grössten Nachteile bei der COO-Konfiguration die fehlende Flexibilität bei der Weiterverarbeitung der Lokalisierungsdaten und beim Abfrageintervall. Der grösste Nachteil besteht jedoch darin, dass die Technologie international aus rechtlichen Gründen nicht eingesetzt werden kann und somit der Erfahrungsschatz dieser noch jungen Technologie nicht sehr gross ist.

Bei der Kostenabschätzung schneiden beide Konfigurationen ähnlich gut ab, obwohl die Investitionskosten bei den GPS-Geräten höher ausfallen. Da die Lebensdauer der COO-Geräte nur 4 Jahre beträgt, sind die Kosten der beiden Konfigurationen auf ein Jahr gerechnet vergleichbar.

Aufgrund dieser Analysen eignet sich der Einsatz von GPS besser in der Bahngüterlogistik.

7 Module zur Anwendung von GPS

Aufgrund der Kostenabschätzung ist ersichtlich, dass die Ausstattung des ganzen Ladungs- und Rollmaterials mit GPS-Geräten nicht wirtschaftlich ist. Falls alle Lokomotiven und alle Güterwagen mit einem GPS-Empfänger ausgerüstet werden, betragen die Kosten pro Jahr bis zu CHF 22 Mio. Bedeutend einfacher zu realisieren sind hingegen unabhängige Ortungsmodule, die den Produktionsprozess nur dort unterstützen, wo der Einsatz von GPS den grössten Nutzen erbringt.

7.1 Modul 1: Ausrüstung aller Lokomotiven

Alle Lokomotiven werden mit einem Modul aus GPS-Empfänger und integrierter GSM-Datenübertragung ausgerüstet, das von der Lokomotive den Strom bezieht (siehe Abbildung 24). Falls die Lokomotive nicht an das Stromnetz angeschlossen ist, wird die Stromversorgung mit einer aufladbaren Batterie überbrückt. Das Gerät ist diebstahlsicher eingebaut. Bei der Bereitstellung vor der Abfahrt des Zuges werden wie bis anhin die angehängten Güterwagen mit der Lokomotive aufgrund von Zuglisten referenziert. Die Ortungsdaten werden mit GSM übertragen und in eine zentrale Datenbank importiert, die an das übergeordnete Informationssystem eines Bahnunternehmens angebunden ist.

Systemkonfiguration

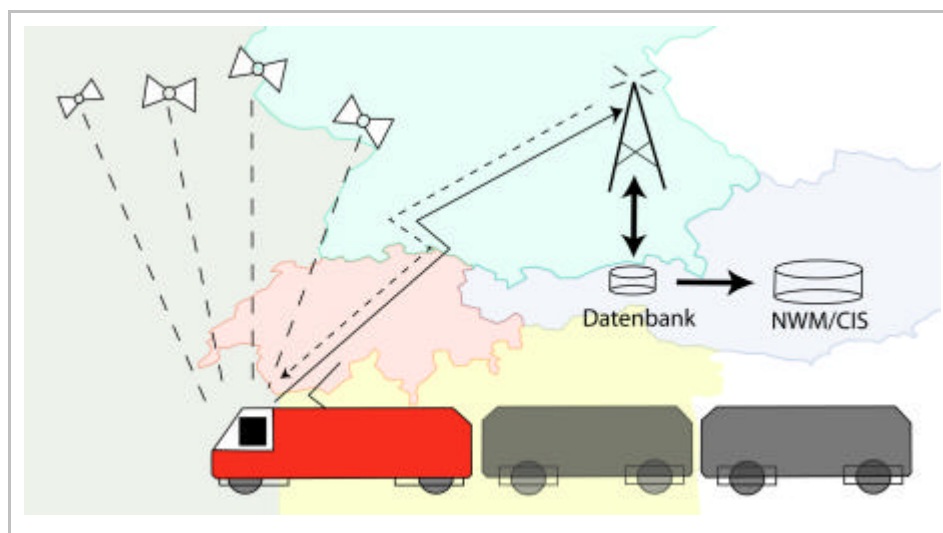


Abbildung 24: Modul 1 mit GPS-ausgerüsteten Lokomotiven

Ziel

Mit dieser Konfiguration kann die Unabhängigkeit der Lokalisierung zu den Netzbetreibern gewährleistet werden. Dieses Modul eignet sich vornehmlich für den Transport von Güterwagen, die in Blockzügen verkehren. Für die Verfolgung der ITE bietet sich dieses Modul nur an, wenn diese ebenfalls in Blockzügen transportiert werden. Alle Güterwagen in einem Blockzug können verfolgt werden, indem nur die Lokomotive lokalisiert wird. Dieses Modul ist jedoch nur funktionstüchtig, wenn weiterhin der Status des ganzen Rollmaterials konsequent mit dem MOG aufgenommen und ins NWM und CIS eingelesen wird. Die Erfassung mit dem MOG ist in der Schweiz durchgesetzt. Somit wäre schweizweit die Ortung eines grossen Teils des Wagenparks möglich.

Die Lokalisierungsdaten sind in einem bestimmten Intervall notwendig, das vorgängig je nach den Bedürfnissen angepasst wird. Bei zusätzlichem Bedarf an Ortungsdaten können weitere Positionen via SMS abgefragt werden. Der Hauptzweck dieser Ortungsdaten besteht vor allem darin, den Transportablauf effizienter zu gestalten. Es sollte möglich sein, dass zusätzliche Transportbeteiligte die Ortungsdaten beziehen können, indem die Datenbank per Webaccess zugänglich ist.

7.2 Modul 2: Mobile GPS-Einheiten

Nach Bedarf werden mobile GPS-Einheiten mit einem GSM-Übertragungsmodul eingesetzt, die in kompakten Boxen konfiguriert sind (siehe Abbildung 25). Mit diesen kompakten Boxen können Güterwagen oder ITE mit einem Handgriff ausgestattet werden. Diese kompakten Boxen müssen auch für den dauerhaften Einsatz geeignet sein.

Systemkonfiguration

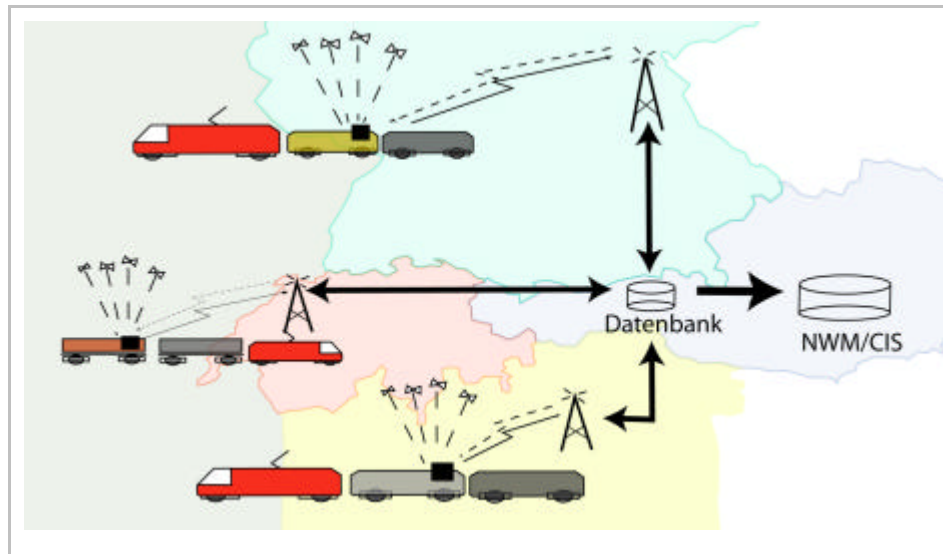


Abbildung 25: Modul 2 mit kompakten Boxen auf Güterwagen oder ITE

Ziel

Mit diesem Modul können gezielt Güterwagen oder ITE verfolgt werden, die ins Ausland verschoben werden. Falls der Transportprozess von Güterwagen oder ITE im Ausland nicht kontrolliert werden kann, ist anhand der Lokalisierungsdaten bekannt, wo sich diese befinden. Anhand dieser Informationen kann schnell veranlasst werden, dass die Güterwagen und ITE zurück zum Besitzer befördert werden und dass diese nicht spurlos auf dem europäischen Netz verschwinden. Dieses Modul muss sehr einfach einsetzbar sein, damit vor Transportbeginn nicht zuviel Zeit mit der Installation verloren geht. Trotzdem sollte der dauerhafte Einsatz möglich sein, damit diejenigen Güterwagen oder ITE, die ständig für ausländische Transporte eingesetzt werden, nicht von neuem mit einem mobilen Modul ausgerüstet werden müssen.

Die Lokalisierungsdaten werden wiederum via GSM an eine Datenbank übertragen. Sie dienen in erster Linie dem Transportunternehmen zur effizienten Einsatzplanung des Rollmaterials und der Ladungseinheiten. Die Daten sollten vor allem durch den Kunden abrufbar sein. Aber auch andere Transportbeteiligte sollen Zugang zur Datenbank via Webaccess haben. Bei diesem Modul ist es nun wichtig, dass zusätzliche Lokalisierungsdaten per SMS angefordert werden können, falls die Kontrolle über Güterwagen oder ITE verloren geht.

Dieses Modul setzt voraus, dass diejenigen Güterwagen oder ITE von den Ressourcen ausgeschrieben werden können, die regelmässig ins Ausland verkehren. Es darf nicht sein, dass der ganze Wagenpark Aufträge im Ausland abwickeln kann und somit mit einer mobilen Einheit ausgerüstet werden muss.

7.3 Aufbau des Datenmanagements der Module 1 und 2

In diesem Kapitel soll nach der Skizzierung der beiden Module vertieft auf das Datenmanagement gemäss Abbildung 26 eingegangen werden. Für die Module 1 und 2 ist die Konfiguration der Datenbank gleich.

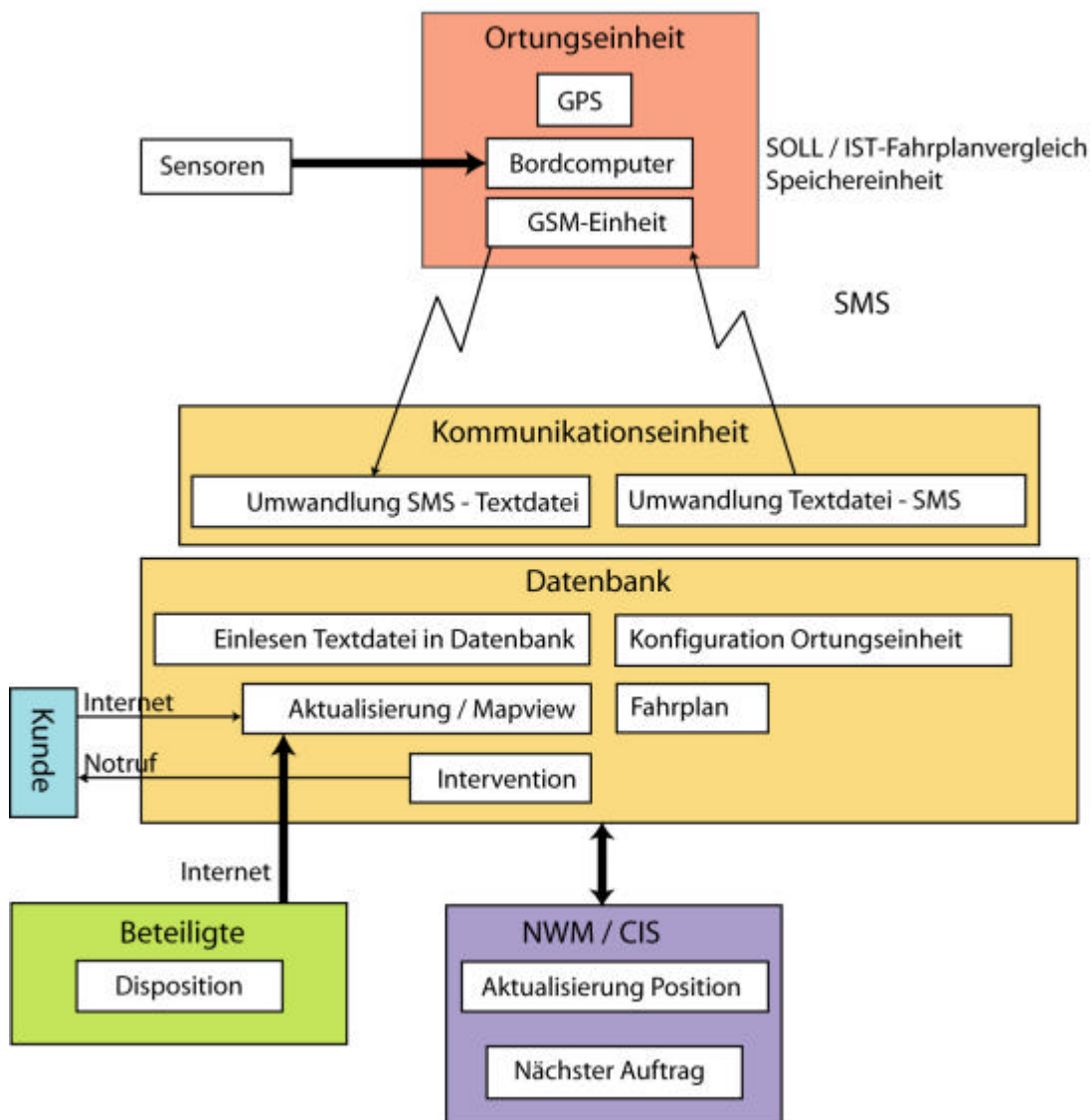


Abbildung 26: Aufbau des Datenmanagements mit Ortungseinheit, Kommunikationseinheit und Datenbank für Modul 1 und 2

Beim Datenmanagement für das Modul 1 und das Modul 2 sind die wesentlichen Komponenten des Informationssystems die Ortungseinheit, die Kommunikationseinheit und die Datenbank. Des Weiteren soll das neue Modul an das NWM / CIS angebunden, sowie Schnittstellen zu den Kunden und den weiteren Beteiligten betrieben werden.

Die Ortungseinheit besteht aus einem GPS-Empfänger, einem Bordcomputer und einer GSM-Einheit. Der Bordcomputer ist zwischen GPS-Empfänger und GSM-Einheit geschaltet und kann durch Schnittstellen weitere Sensoren verwalten. Der Bordcomputer dient einerseits als Speichereinheit und andererseits vergleicht er den SOLL-Fahrplan mit dem IST-Zustand. Da dieser Vergleich direkt im Ortungssystem stattfindet, können die Anzahl SMS soweit reduziert werden, als es notwendig für die Behebung der entstandenen Verspätungen ist. Die GSM-Einheit generiert ein SMS mit allen notwendigen Informationen, auch betreffend der eingesetzten Sensoren, und schickt dieses an die Kommunikationseinheit.

Die Kommunikationseinheit hat zur Aufgabe, die angekommenen SMS in ein Format (z.B. Textformat) zu konvertieren, welches von der Datenbank gelesen werden kann. Diese Einheit ist notwendig, wenn viele – evtl. codierte – Informationen über SMS gesendet werden..

Die konvertierte Textdatei wird in die Datenbank eingelesen. Die Angaben zur Position, sowie der anderen Sensoren werden aktualisiert und in einer digitalen Karte aufgezeichnet. Die Informationen werden aber auch längerfristig für statistische Zwecke abgespeichert und verwaltet. Je nach Inhalt der SMS wird eine Intervention verlangt, die einerseits den Kontakt zum Kunden bedeuten kann, oder nur beim Bahnunternehmen intern Handlungsbedarf erzwingt. Der Kunde wird also benachrichtigt, wenn mit gravierenden Verzögerungen gerechnet werden muss. Es wird jedoch mit Hilfe der Datenbank abgeschätzt, ob die gemessenen Verzögerungen tatsächlich zu Verspätungen führen oder nicht bei weiteren Prozessschritten vermindert werden können. Der Kunde kann je nach Interesse Anfragen über das Internet übermitteln, wo er Zugriff auf eine Webseite mit digitalen Karten erhält, mit der er seine Güter verfolgen kann. Zu dieser Webseite sollen auch andere Beteiligte des Transportablaufes Zugang erhalten, falls diese von den Daten profitieren könnten und das Bahnunternehmen die Lokalisierungsdaten zur Verfügung stellen möchte. Somit können die weiteren Beteiligten ebenfalls auf Verspätungen reagieren und die Disposition entsprechend anpassen.

Zum NWM / CIS wird eine Schnittstelle vorgesehen, damit die erhobenen Daten direkt in das NWM fließen und die Angaben für die Disposition eines weiteren Auftrages genutzt werden können. Das NWM ist wiederum am CIS angegliedert, womit sich Informationen zum Auftrag und zum Güterwagen abrufen lassen. Diese Schnittstelle kann je nach Anforderungen ausgebaut werden und die Datenbank sowie die Kommunikationseinheit vollständig in das NWM / CIS eingebunden werden.

Der Informationsfluss soll auch in entgegengesetzter Reihenfolge geschehen können. Zum IST / SOLL-Fahrplanvergleich wird der zeitliche Transportablauf vorausberechnet und in einem Konfigurationsfile abgespeichert. In diesem Konfigurationsfile können auch noch weitere Parameter definiert sein, die zur Steuerung der Ortungseinheit dienen. Z.B. könnte das Lo-

kalisierungintervall geändert, oder die Einstellungen der weiteren Sensoren angepasst werden. Das Konfigurationsfile wird in ein SMS konvertiert und an die GSM-Einheit des Gerätes gesendet. Das SMS wird von dem Bordcomputer gelesen und umgesetzt.

7.4 Modul 3: Automatische Datenerfassung

Um die aufwändige Datenerfassung zu erleichtern, könnten an Knotenpunkten Stationen eingerichtet werden, welche die UIC-Identifikationsnummer an Güterwagen oder ITE erfassen und anhand der vorhandenen Zuglisten vergleichen (siehe Abbildung 27). Diese Messanordnung lässt sich mit RFID oder photogrammetrisch realisieren. Denkbar wäre es auch, dass auf statische Identifikationsstationen verzichtet und das MOG mit einer optischen Leseinheit ausgerüstet wird. So dass das Gerät ohne manuelle Eingabe durch Photogrammetrie die Nummer erkennt und erfasst. Die Richtigkeit der eingelesenen Nummer kann gleichzeitig auf dem Bildschirm überprüft werden.

Systemkonfiguration

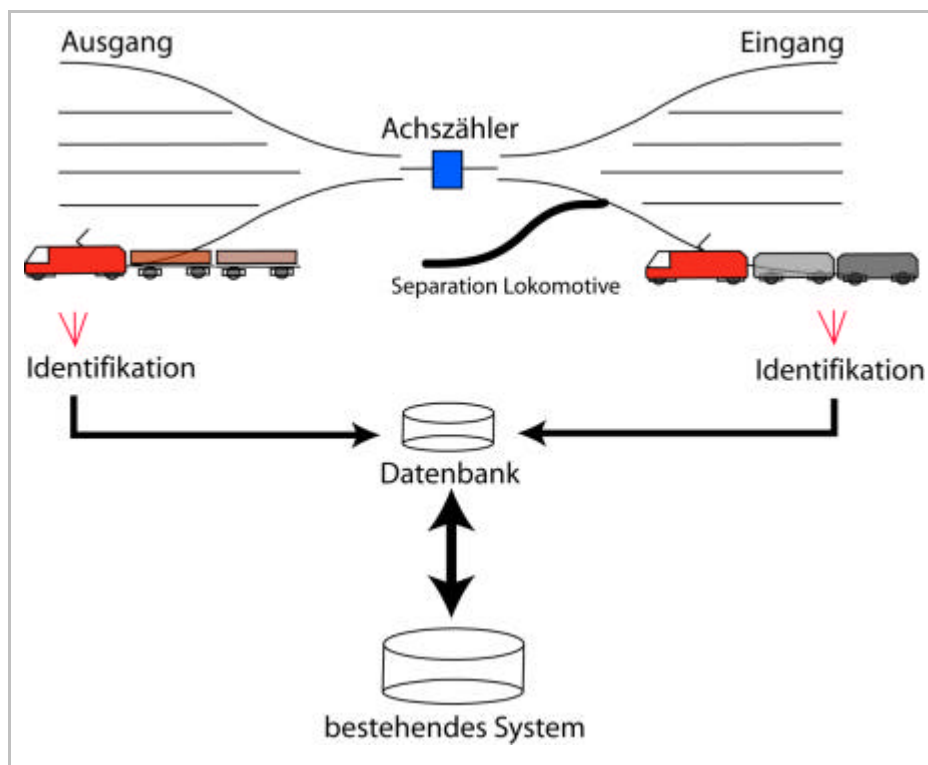


Abbildung 27: Modul 3 mit automatischer Identifikationserfassung an Knotenpunkten

Ziel

Die Automatisierung der bisher manuell erfolgten Erfassung verringert den Aufwand und die entstehenden Erfassungsfehler. Eine solche Identifikationsstation könnte an jedem Knoten-

punkt angebracht werden. Falls die Erfassung der Identifikationsnummer photogrammetrisch realisiert werden soll, könnten sämtliche Güterwagen oder ITE erfasst werden, auch die ausländischen Fahrzeuge. Diese Technologie hat den Vorteil, dass an den Behältern oder dem Rollmaterial keine Tags angebracht werden müssen. Dafür ist der Aufwand im Postprocessing umso grösser, da die Bildverarbeitung nicht in der Lage ist, stark verschmutzte Nummern eindeutig zu bestimmen. Mit RFID ist die Identifikation an Knotenpunkten ebenfalls denkbar, was heute durch bestehende Normen wie ISO 10374 und EN 13044 forciert wird (ICM, 2004). Doch müsste von einer unabhängigen Organisation die Durchsetzung des Anbringens der Tags bei der Produktion einer ITE durchgesetzt werden, was bis heute nicht der Fall ist.

Bis alle Güterwagen und ITE mit einem automatisch lesbaren Tag ausgerüstet sind, wäre eine Kombination von Photogrammetrie und RFID denkbar und mit wenig Aufwand realisierbar, da pro Knotenpunkt zwei Lesestationen installiert werden müssten und diese ohne grossen Aufwand stationär gewartet werden könnten.

7.5 Aufbau des Datenmanagements von Modul 3

In diesem Kapitel wird auf das Datenmanagement von Modul 3 eingegangen (siehe Abbildung 28), das einfacher ist als dasjenige von Modul 1 und 2.

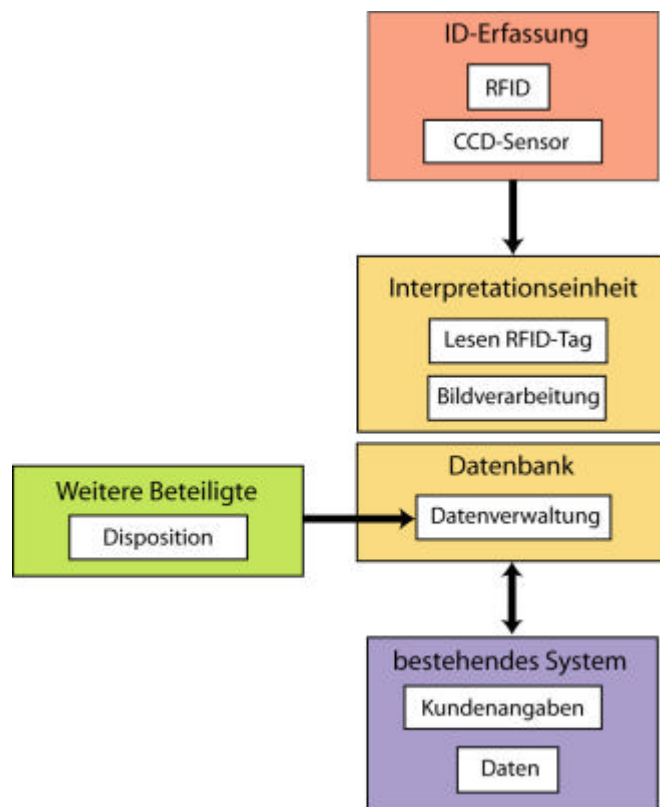


Abbildung 28: Aufbau des Datenmanagements mit ID-Erfassung, Interpretationseinheit und Datenbank für Modul 3

Dieses Erfassungssystem besteht aus der ID-Erfassung, einer Interpretationseinheit, einer Datenbank und den Schnittstellen zu den weiteren Beteiligten und zu dem bestehenden System.

Bei der ID-Erfassung wird entweder der bestehende RFID-Tag eingelesen oder photogrammetrisch die Identifikationsnummer vom UIC eingelesen. Die Interpretationseinheit liest die erfasste Nummer aus. Falls die Identifikationsnummer photogrammetrisch bestimmt worden ist, wird mittels Bildverarbeitung die Nummer ausgelesen. Die erhaltenen UIC-Nummern werden in die Datenbank eingelesen und verwaltet. Zu dieser Datenbank soll wiederum der Zugang für weitere Beteiligte ermöglicht werden, die aufgrund der Daten ihre Disposition effizienter gestalten können. Die Datenbank ist durch eine Schnittstelle an das bestehende System des Knotenpunktbetreibers angebunden und kann je nach Anforderungen vollumfänglich darin eingegliedert werden.

8 Weitere Anwendungsbereiche

Mit einer umfassenden Datenerhebung durch ein Ortungssystem lassen sich weitere Funktionalitäten ableiten, die in den folgenden Unterkapiteln beschrieben werden.

8.1 Rollmaterialwartung

Die Wartung des Ladungs- und Rollmaterials könnte nach Kilometeranzahl erfolgen und nicht nach einem bestimmten Zeitintervall. Auf diese Weise könnten Kosten gespart werden, indem nur diejenigen Fahrzeuge für die Wartung eingezogen werden, die eine bestimmte Kilometeranzahl erreicht haben. Somit werden Fahrzeuge, die nur herumstehen, nicht für die Wartung eingezogen.

Zusätzlich wäre es interessant, wenn z.B. gerade im Ausland verkehrendes Rollmaterial in Form eines Sanity-Checks übermittelt könnte, falls etwas nicht mehr funktioniert. Dazu müssten aber zusätzliche Sensoren und Computerprogramme mit dem Ortungsgerät gekoppelt sein, um erfassen zu können, welche Systemteile nicht funktionieren und wie gross der Schaden ist. Aus diesen überlieferten Daten könnte abgeklärt werden, ob das Fahrzeug vor Ort repariert werden kann oder ob es in eine Werkstatt gefahren werden muss.

Unter Einsatz eines engeren Zeitrahmens könnten die hochwertigen Wagen im Personenverkehr nach gefahrenen Kilometern gereinigt werden. Dies beinhaltet vor allem die Reinigung der Toiletten, die bis anhin in einem bestimmten Zeitintervall gereinigt und unterhalten werden müssen.

8.2 Statistik

Die zusätzlich erhobenen Daten können gesammelt und in einem bestimmten Intervall ausgewertet werden. Dazu muss jedoch eine geeignete Software vorhanden sein, um die Daten speitativ zu verarbeiten. Es könnten Aussagen getroffen werden betreffend:

- Pünktlichkeit
- Lokalisierung von Verzögerungen auf dem Schienennetz
- Geschwindigkeitsprofile

- Vergleich IST/ SOLL-Fahrplan
- Stand- und Fahrzeiten von Güterwagen oder ITE

8.3 Zugang zu Lokomotiven

Im Ausland besteht oft das Problem, dass ausländische Lokomotivführer für eine Lokomotive der SBB Cargo eingemietet werden und diese befördern sollen. Der Zugang für eine unberechtigte Person soll jedoch nicht gestattet werden. Damit der Zugang jedoch für eine berechtigte Person ermöglicht wird, könnte anhand eines Codes die Person identifiziert und mit GPS verifiziert werden, ob die Lokomotive am richtigen Ort für das Öffnen des Führerstandes steht.

8.4 Gefahrgütertransport

Neben den gewöhnlichen Funktionalitäten der Telematik, können anhand von Schnittstellen weitere anwendungsspezifische Sensoren an einem Gefahrgüterwagen angebracht werden. Diese zusätzlichen Sensoren sind im Telematiksystem eingebunden, so dass die zusätzlich erhobenen Daten georeferenziert wiederum über z.B. GSM zu einer Leitzentrale gesendet werden können. Folgende Sensoren könnten je nach Anforderungen zum Einsatz kommen:

- Beschleunigungssensoren zur Detektion von harten Schlägen und extremen Beschleunigungen
- Temperatursensoren zur Überwachung von Temperaturschwankungen innerhalb eines Behälters
- Sensoren zur Überprüfung des Innendruckes in Abhängigkeit der vorherrschenden Temperatur und Ladungsmenge
- Sensoren zur Detektion von unverschlossenen oder schlecht verschlossenen Ladungsöffnungen oder Transportbehältern
- Sensoren zur Anzeige von Leckagen und Ladungsverlusten

Anhand dieser Sensoren können präventive Massnahmen eingeleitet werden, wenn diese eine Abweichung des SOLL-Zustandes melden. Anhand der Georeferenzierung der Sensordaten ist sogleich bekannt, wo sich das Fahrzeug befindet und ob in dieser Region aufgrund eines möglichen Schadenfalles vorzeitig Massnahmen zur Minderung der Schadensauswirkungen zu ergreifen sind.

Die Verkehrstelematik kann somit präventive Massnahmen einleiten, sowie im Schadensfall die Auswirkungen reduzieren, da von Beginn an bekannt ist, wo sich das Fahrzeug befindet.

Der Aufwand im Betrieb und Unterhalt solcher zusätzlicher Sensoren ist erheblich grösser. Aus diesem Grund sind nur die diejenigen Behälter mit Sensoren auszurüsten, bei denen der Nutzen auch ausgewiesen ist.

9 Weitere Entwicklungen in der Ortungstechnologie

9.1 EGNOS

EGNOS steht für 'European Geostationary Navigation Overlay Service' und ist ein europäisches Erweiterungssystem zur Satellitennavigation. Da die zivile Kontrolle bei GPS und GLONASS (russisches Satellitennavigationssystem) nicht gewährleistet ist, wurde EGNOS als gemeinsames Projekt von der European Space Agency (ESA) und der Europäischen Organisation zur Sicherung der Luftfahrt (EUROCONTROL) im Auftrag der Europäischen Union in Angriff genommen. EGNOS soll ebenfalls den Einstieg der Europäer in die Satellitennavigation erleichtern und als Vorstufe zum europäischen Satellitennavigationssystem GALILEO dienen. EGNOS verbessert die Zuverlässigkeit von GPS und GLONASS und steht europaweit als frei zugänglicher Dienst ohne technische oder finanzielle Einschränkungen den Besitzern von Empfängern zur Verfügung. EGNOS stellt eine Verbesserung gegenüber dem System GPS und GLONASS aufgrund drei Entwicklungen dar (Toran-Marti et al., 2003):

- **GEO-Ranging:** Drei geostationäre Satelliten senden GPS-ähnliche Signale aus. Somit stehen drei weitere Satelliten zur Lokalisierung zur Verfügung, welche an bestimmten Standorten die Empfangsmöglichkeiten verbessern.
- **Integrität:** Dem Nutzer werden innerhalb von sechs Sekunden Informationen über die Zuverlässigkeit des Systems geliefert, wenn die Qualität der empfangenen Signale bestimmte Grenzwerte unterschreitet.
- **Differentielle Korrekturen:** Es werden differentielle Korrekturen zum empfangenen Signal gerechnet und über die geostationären Satelliten in ganz Europa ausgesendet.

Das System besteht gemäß Abbildung 29 aus einem Bodensegment und einem Raumsegment. Das Bodensegment besteht aus 34 RIMS (Ranging and Integrity monitoring Stations), die in ganz Europa platziert sind. Diese Stationen errechnen differentielle Korrekturen und überwachen die Integrität, indem die empfangenen Signale von GPS und GLONASS auf das Einhalten von bestimmten Grenzwerten untersucht werden. Die berechneten Korrekturdaten und Integritätsinformationen werden über ein Netzwerk von MCC (Mission Control Center) gesendet. Die MCC verarbeiten die Korrektur- und Integritätsdaten und berechnen die Ephemeriden der Geostationären Satelliten. Die Verarbeiteten Daten werden mit dem NLES (Navigation Land Earth Services) an die geostationären Satelliten gesendet. Das Raumsegment besteht aus drei geostationären Satelliten, welche die Korrekturdaten und die Integritätsinformationen in ganz Europa aussenden.

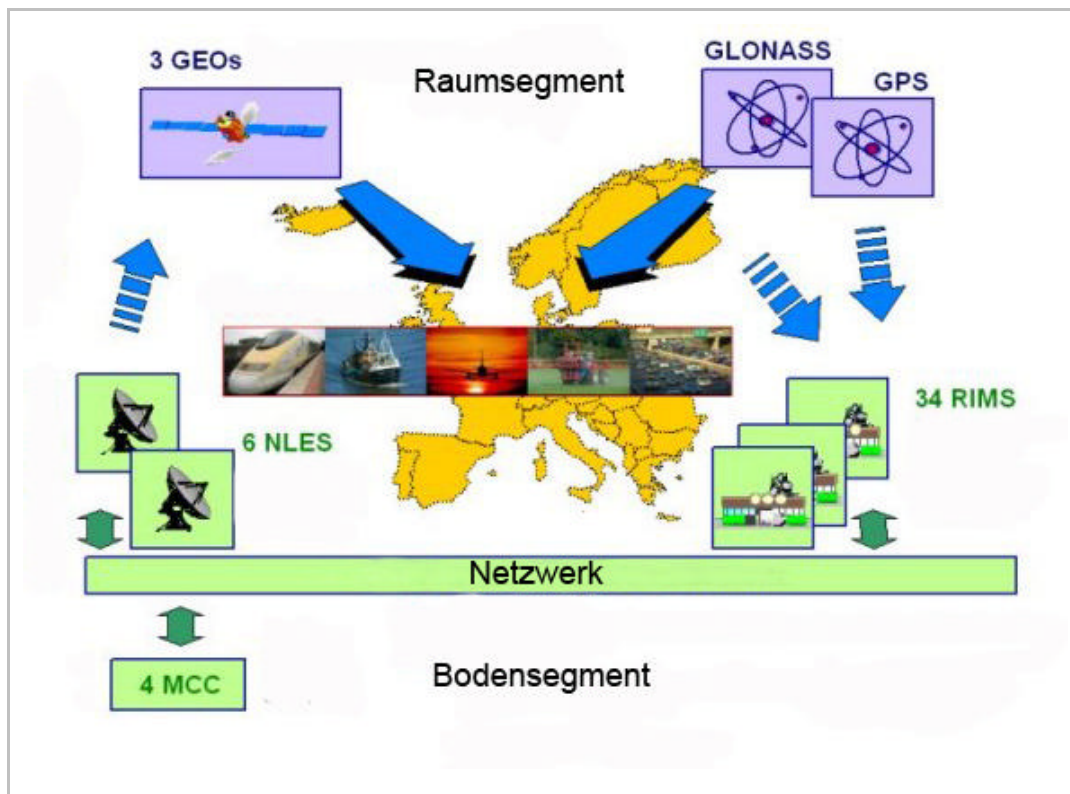


Abbildung 29: Systemarchitektur EGNOS (Quelle: ESSP, 2005)

Auswirkungen auf die Bahngüterlogistik

EGNOS nimmt seinen operationellen Betrieb bis Ende 2005 auf (ESA, 2005). Indem die Positionsgenauigkeit gesteigert werden kann, könnte die Lokalisierung von Ladungs- und Rollmaterial auch in Knotenpunkten auf wenige Meter genau erfolgen. Heute beträgt die Positionierungsgenauigkeit absolut 20m, mit dem Service von EGNOS kann die Genauigkeit auf 5m gesteigert werden. EGNOS wird jedoch keine grossen Auswirkungen auf die Bahngüterlogistik haben, da auch mit 5m Genauigkeit nicht bestimmt werden kann, auf welchem Gleis sich ein Güterwagen befindet.

9.2 GALILEO

GALILEO ist ein geplantes europäisches Satellitennavigationssystem unter der Leitung der Europäischen Union und der ESA. Es basiert ähnlich wie GPS auf 30 Satelliten, die in der Höhe von 24'000 km um die Erde kreisen. GALILEO ist für zivile Zwecke konzipiert und unterliegt nicht wie GPS oder GLONASS einer militärischen Kontrolle. Mit GALILEO werden fünf verschiedene Dienste angeboten. Als Hauptziel sollen störungsfreie Signale garantiert werden, damit Anwendungen mit erhöhten Sicherheitsanforderungen wie z.B. die Flugsicherung ebenfalls Satellitennavigation einsetzen kann (Wikipedia, 2005).

Die Genauigkeit soll bei der lokalen Komponente bei 4m liegen und bei globalen Komponenten bei ca. 10m. Die Signale können nicht mehr aus militärischen Gründen künstlich verzerrt werden, wie dies bis anhin unter der militärischen Kontrolle möglich war. Die Verfügbarkeit des Services soll auf 99,8% der Zeit vorhanden sein, und mit EGNOS wird die Integrität garantiert, indem in weniger als sechs Sekunden der Nutzer über eine Fehlfunktion des Systems in Kenntnis gesetzt werden soll. Mit GALILEO werden die folgenden sechs Services angeboten (ESA, 2005):

- Der Offene Dienst (Open Service, OS) soll frei zugänglich sein und liefert kostenlos Daten über Position, Geschwindigkeit und Zeit. Empfänger sollen in Autos, Mobiltelefonen etc. eingebaut werden. Die Position kann auf 4m genau bestimmt werden aufgrund von zwei Sendefrequenzen.
- Der Kommerzielle Dienst (Commercial Service, CS) ermöglicht den Empfang von zwei zusätzlichen Sendefrequenzen, mit denen die Positionsgenauigkeit wiederum erhöht werden kann. Für die Kontinuität dieses Dienstes soll eine Garantie gegeben werden. Dieser Dienst ist kostenpflichtig.
- Der Safety-of-Life-Dienst (SoL) soll in sicherheitskritischen Bereichen wie z.B. im Luftverkehr zur Verfügung stehen. Dieser Dienst wird zusammen mit dem Offenen Dienst angeboten. SoL gibt Warnungen aus, falls die Integrität der Signale nicht gewährleistet ist. Dieser Dienst wird durch EGNOS gewährleistet und garantiert.
- Der Öffentlich Regulierte Dienst (Public Regulated Service, PRS) macht Standort- und Zeitangaben für spezielle Nutzer, die ein hohes Mass an Dienstkontinuität benötigen. Der Zugang zu diesem Dienst wird kontrolliert. Es werden zwei PRS-Navigationssignale mit verschlüsselten Codes und Daten für die Entfernungsmessung ('ranging') verfügbar sein.
- Der Such- und Rettungsdienst (Search And Rescue, SAR) soll die weltweite Ortung von hilfsbedürftigen Menschen erlauben, die in Not geraten sind und mit Hilfe eines Gerätes ein Notsignal aussenden können.

Auswirkungen auf die Bahngüterlogistik

Die Förderung des Schienenverkehrs stand im Zentrum, als das Projekt GALILEO initialisiert wurde. Der grösste Nutzen von GALILEO ist in der Zugsicherung zu erwarten, da mit dem Dienst Safety-of-Life die Integrität der Signale gewährleistet wird und die Verfügbarkeit der Signale auf 99,8% der Zeit veranschlagt wird. Zusätzlich wird die Positionierungsgenauigkeit erhöht, die wiederum in der Zugsicherung notwendig ist.

Für das Flottenmanagement ergeben sich keine besseren Funktionalitäten als diejenigen, die bereits mit EGNOS erreicht werden können. Trotzdem wird erwartet, dass mehr Hersteller auf den Markt drängen, um spezielle Empfangsgeräte anzubieten. Dadurch wird ein grösserer Wettbewerb herrschen und die Preise gesenkt werden. Ausserdem wird erwartet, dass mehrere Anwender, die bis anhin auf GPS verzichtet haben, sich nun vorwagen. Die Lokalisierung wird alltäglich und die Kunden fordern den Einsatz von Ortungstechnologien als Voraussetzung für eine Auftragsvergabe an die Bahn.

9.3 ERTMS

Das Ziel des europäischen Gemeinschaftsprojektes European Rail Traffic Management System (ERTMS) ist die Schaffung eines einheitlichen Zugsicherungs- und Zugsteuerungssystems zur Harmonisierung des gesamten europäischen Schienenverkehrs. Durch das Gemeinschaftsprojekt schuf die EU-Kommission eine gemeinsame Plattform für Bahnen, Firmen, Normeninstanzen und Behörden. Es soll der grenzüberschreitende Einsatz von Fahrzeugen und Personal ermöglicht, sowie der Bahnverkehr vereinfacht werden. In diesem Rahmen wird das Programm European Train Control System (ETCS) von der UIC zur Zugsicherung vorangetrieben. Das System hat zum Ziel, die Signal- und Zugsicherungssysteme für die europäischen Bahnen zu standardisieren.

9.3.1 EuroBalisen

Die EuroBalisen wurden als Teil des ETCS entwickelt. Die Eurobalisen haben im Level 1 die Funktion, die Fahrerlaubnis auf das Fahrzeug zu übertragen. Auf späteren Levels wird die Datenübertragung nicht mehr über die EuroBalisen, sondern über GSM-R erfolgen. Die EuroBalisen dienen nur noch als passive Ortungsbalisen, die als Referenzpunkte zur Korrektur von Wegmessfehlern dienen. Zwischen den Balisen wird die Position des Zuges mit Sensoren berechnet. Im Level 3 dienen die EuroBalisen wiederum zur Korrektur des ermittelten Weges aufgrund der Sensoren. Zudem müssen die EuroBalisen in der Lage sein, die Zugvollständigkeit eines passierenden Zuges zu garantieren (SBB Infrastruktur, 2005).

Auswirkungen auf die Bahngüterlogistik

Die EuroBalisen könnten auch als Ortungssystem dienen, wie dies im Moment durch das AFI realisiert wird. Doch werden mit einem für die EuroBalisen lesbaren Tag nur die Triebfahrzeuge und Steuerwagen ausgerüstet. Die gewöhnlichen Güterwagen oder Personenwagen werden nicht mit einem Tag ausgerüstet. Vorläufig werden auch nur die wichtigsten Korridorstrecken mit ETCS ausgerüstet. Wiederum wird das ETCS von den Infrastrukturbesitzern betrieben und die Unabhängigkeit des Bahnunternehmens ist nicht gewährleistet

Aus all diesen Gründen ist die Benutzung der EuroBalisen für Ortungszwecke nicht geeignet. Das System ist nicht unabhängig und die Güterwagen werden nicht mit einem Tag ausgerüstet. Zudem ist es fraglich, bis wann das ganze Schienennetz in Europa mit ETCS ausgerüstet wird.

9.3.2 GSM-R

In der Schweiz werden heute die Kommunikationsbedürfnisse für den Zug-, Bau-, Rangier- und Lokalfunk mit einem analogen Funksystem sichergestellt. Das digitale GSM-R basiert technisch auf dem europaweit gebräuchlichen Mobiltelefonie Standard GSM und ist für den Betrieb im Schienenverkehr ausgelegt. GSM-R dient insbesondere als Kommunikationsbasis des ETCS (Bundesamt für Verkehr, 2002).

Auswirkungen auf die Bahngüterlogistik

GSM-R könnte für die Ortungstechnologie in der Bahngüterlogistik eine entscheidende Rolle spielen. Es wäre denkbar, dass die erhobenen Ortungsdaten mit GPS via GSM-R an die Leitzentrale eines Bahnunternehmens übertragen werden. Die Übertragung der Daten könnte wiederum mit SMS erstellt werden. Dazu sind keine Modifikationen am GSM-R notwendig und die Übertragung kann auch aus dem Ausland erfolgen. Aktuell ist jedoch zweifelhaft, ob somit die Kosten der Datenübertragung wirklich gesenkt werden könnten. Sicher ist, dass der anfallende Geldfluss im Hause der SBB bleiben würde.

Eine weitere Nutzungsmöglichkeit besteht darin, GSM-R direkt für die Ortung von Ladungs- und Rollmaterial einzusetzen. Die Zellen wären entlang der Bahnschiene angeordnet und hätten wahrscheinlich einen kleinen Radius. Die Lokalisierungsdaten wie Nummer der Zelle und Fahrzeugidentifikation mit Zeitangaben könnten wiederum via SMS an die Leitzentrale eines Bahnunternehmens erfolgen (Lerch, 2005).

Die Realisierung dieser Ideen ist zum heutigen Zeitpunkt nicht abschätzbar, da wiederum europaweit das GSM-R Netz installiert sein muss. Es ist zu befürchten, dass wie bei den Euro-Balisen nur gewisse Korridorstrecken mit ETCS ausgerüstet werden und somit eine flächendeckende Ortung in ganz Europa nicht möglich ist.

9.4 Zellortung mit UMTS

Das Universal Mobile Telecommunications System (UMTS) ist ein Mobilfunkstandard der dritten Generation. UMTS umfasst satelliten- und erdgestützte Sendeanlagen und bietet eine Vielzahl von Diensten an. Es wird damit gerechnet, dass mit UMTS die Zellortung an Präzision gewinnen könnte. Im Vergleich zu GSM arbeitet UMTS mit einer wesentlich höheren Antennendichte, d. h. mit kleineren Funkzellen. Somit besteht die Möglichkeit die Positionierung aufgrund der beschriebenen Technik in Kapitel 4.1.2 zu verbessern (Heng, 2004).

Auswirkungen auf die Bahngüterlogistik

Die bessere Positionierungsgenauigkeit hat einen positiven Effekt auf den Markt, und immer mehr Anwender werden auf die Zellortung setzen. Trotzdem überwiegen die negativen Effekte gegenüber einem satellitenbasierten Ortungssystem (siehe Kapitel 6.1).

9.5 Ortung mit bordautonomer Sensorik

In der Zukunft könnten auch Schienenfahrzeuge aufgrund von bordautonomer Sensorik geortet werden. Dieses Verfahren hat den Vorteil, dass eine kontinuierliche Standortverfolgung für das Schienenfahrzeug ohne aufwändige Ein- oder Umbauten an der Schieneninfrastruktur möglich ist. Die Ortung mittels bordautonomer Sensorik basiert auf der berührungslosen Geschwindigkeits- und Wegmessung. Die Genauigkeit der herkömmlichen Ortung mittels Radumdrehungszähler ist abhängig vom Radschlupf und der Witterung.

Bei diesem Messverfahren erzeugt eine Erregerspule ein Magnetfeld, das in der Schiene Wirbelströme hervorruft. Metallische Teile in der Schiene wie die Schienenbefestigung, aber auch Weichteile verzerren das Magnetfeld und erzeugen somit eine induzierte Spannung. Da die Schienenbefestigung in regelmässigen Abständen eingebaut ist, schlägt die resultierende Spannung regelmässig aus. Da zwei Sensoren im Abstand geschaltet sind, kann gemäss Abbildung 30 unabhängig von einander die induzierte Spannung gemessen werden und aufgrund der Korrelation auf die Zeitdifferenz geschlossen werden. Die Geschwindigkeit errechnet sich somit aus der Zeitdifferenz und dem Abstand zwischen den Sensoren.

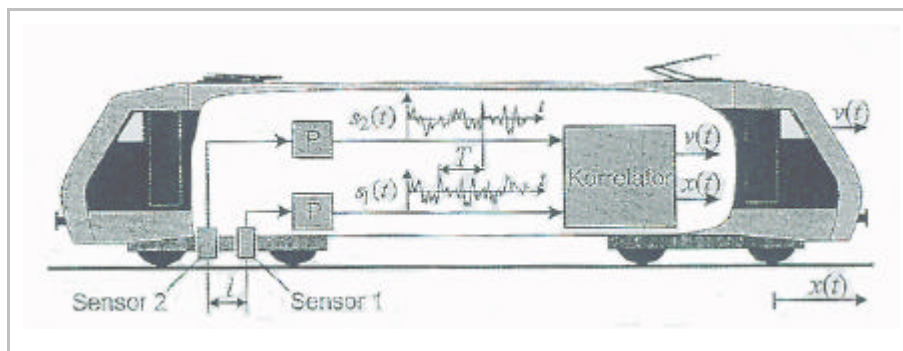


Abbildung 30: Prinzip Wirbelstrommessungen bei bordautonomen Ortungsverfahren
(Quelle: Geistler, 2005)

Neben der korrelativen Geschwindigkeitsbemessung kann die Geschwindigkeit auch durch die Maximalfrequenz bestimmt werden, mit der eine Schienenbefestigung passiert wird. Da die Schienenbefestigung regelmässig eingebaut ist, kann mit der bestimmaren Periodendauer auf die Frequenz und weiter mit dem bekannten Abstand zwischen den Schienenbefestigung-

gen auf die Geschwindigkeit geschlossen werden. Aus der gemessenen Geschwindigkeit kann durch die zeitliche Integration der zurückgelegte Weg berechnet werden.

Aus den relativen Messungen der Geschwindigkeit kann das Ortungssystem auch absolut betrieben werden. Die Ausschläge der induzierten Spannung bei Weichen sind gross. Falls geeignetes Kartenmaterial mit allen Weichen vorhanden ist, kann durch den Ausschlag auf die Koordinaten der Weiche geschlossen und der aufgerechnete Wegfehler reduziert werden (Geistler et al., 2005).

Auswirkungen auf die Bahngüterlogistik

Damit dieses System überhaupt funktioniert, ist eine digitale Kartengrundlage notwendig, die sehr detailliert erfasst sein muss. Wiederum stellt die Nachführung der Karte ein grosses Problem dar, da Weichen etc. in Feldarbeit erfasst werden müssten. Die Sensoren werden ebenfalls mit Strom betrieben, was Wartungsaufwand und personellen Einsatz verursacht. Dieses System ist jedoch nicht auszuschliessen, wenn die relative Geschwindigkeitsmessung nur für die Überbrückung der Distanzen zwischen zwei Absolutstationen wie RFID-Readerantennen oder EuroBalisen eingesetzt wird.

10 Ausblick

10.1 Weiterentwicklungen von Telematikanwendungen in der Bahngüterlogistik

Der Wettbewerb in der Bahngüterlogistik wird in der Zukunft zunehmen. Um auf dem hart umkämpften Markt zu bestehen, müssen die Bahnunternehmen und die weiteren Transportbeteiligten flexibel auf die Bedürfnisse der Kundschaft reagieren können. Ebenfalls wird von den Bahnunternehmen gefordert, die Kosten durch Effizienzsteigerung der Ressourcen zu senken, um neben dem stark dominierenden Strassengüterverkehr bestehen zu können. Der Marktanteil im internationalen Verkehr wird immer wichtiger. In den letzten Jahren wurden Tochtergesellschaften im nahen Ausland auf der Nord-Süd-Achse aufgebaut. Mit der Osterweiterung der Europäischen Union ist es eine Frage der Zeit, dass die Kunden Transportaufträge vom Osten in den Westen und umgekehrt vergeben. Solange die gleiche Sprache gesprochen wird, sind die Probleme vor allem in der Kommunikation einfach zu lösen. Doch sobald mit den weiteren Transportbeteiligten die Sprachbarriere unüberwindbar wird, sind aktive Ortungssysteme unerlässlich.

Die Ortungstechnologie ist einem starken Wandel ausgesetzt. Neue Hersteller drängen auf den Markt und bieten für alle Anforderungen ein geeignetes Ortungsgerät an. Doch lösen die spezifischen Geräte nicht alle Probleme eines Unternehmens. Es ist wichtig, dass die Entwicklungen beobachtet werden und somit erkannt wird, welchen Anforderungen ein Gerät genügen muss. Nur anhand dieser Überlegungen können Fehlinvestitionen vermieden und der grösstmögliche Nutzen im alltäglichen Einsatz erzielt werden.

10.2 Weiterführende Fragestellungen

Falls es zu einer Einführung von Telematikanwendungen kommen soll, sind zusätzlich zu diesem Bericht weitere und detaillierte Abklärungen unabdingbar:

Datenübertragung über GSM-R:

GSM-R ist ein Mobilfunknetz, das die Funktion von kommerziellen Netzbetreibern übernehmen könnte. Somit würde das eingesetzte Geld pro Datenübertragung beim Bahnunternehmen bleiben.

Kostenabschätzung:

Um eine aussagekräftigere Kostenanalyse durchführen zu können, müsste mit den Herstellern konkret das Gespräch gesucht werden, nachdem der Grundsatzentscheid über eine Einführung gefallen ist. In dieser Diplomarbeit wurden die Kosten eines Prototyps beziffert und Mengenrabatte nicht berücksichtigt.

Wartungsaufwand:

Damit der Wartungsaufwand erheblich reduziert werden kann, soll die Wartung des Ortungssystems mit dem Wartungszyklus des Ladungs- und Rollmaterials zusammenfallen. Unter diesem Aspekt ist zu überprüfen, ob sich Solarpanels für den Einsatz eignen oder ob Hochleistungsbatterien nicht besser geeignet wären.

Rollmaterialmanagement:

Das Modul 2 lässt sich nur realisieren, wenn genau bekannt ist, welche der Güterwagen ins nahe Ausland verkehren und welche nur in der Schweiz zum Einsatz kommen. Anhand dieser Unterscheidung können nur die Güterwagen mit einem Ortungssystem ausgerüstet werden, die ihren täglichen Einsatz über die Grenze haben.

Lange Testphasen:

Falls der Einsatz von GPS beschlossen wird, sollen lange Testphasen eingeplant werden, wobei das Augenmerk vor allem auf die Stromversorgung und die Robustheit des Systems gerichtet werden soll. Oft scheitert der Einsatz von GPS, da die Gerätekonfiguration nicht auf Langzeiteinsätze ausgerichtet ist.

Schnell wechselnde Technologien:

Falls die Einführung geplant wird, ist wiederum eine Recherche der aktuell bewährten Technologien unvermeidbar, da vor allem in der Mobilfunktechnologie, aber auch mit der Einführung von GALILEO rasante Entwicklungssprünge vollbracht werden.

Neues Rollmaterial:

Die neuen Lokomotiven werden bereits mit einem integrierten GPS oder mit einer Empfangseinheit für GSM-R ausgerüstet. Die Geräte werden jedoch noch nicht vollumfänglich für die Lokalisierung operationell eingesetzt. Da die Geräte bereits installiert sind, soll die Nutzung überprüft werden.

11 Schlusswort

Das Thema 'Anwendung von GPS in der Bahngüterlogistik' hat mich bereits in der Anfangsphase gepackt. Das weite Feld der Problematik bot mir die Möglichkeit, die Aufgabenstellung nach meinen Interessen zu wählen und spannende Aspekte zu durchleuchten.

Als besondere Bereicherung ist die Zusammenarbeit mit den beiden Professuren zu nennen, die von Anfang an wegweisend für den weiteren Verlauf der Arbeit war. Aufgrund dieser Zusammenarbeit konnte diese Diplomarbeit an der Schnittstelle zwischen Verkehrswesen und Vermessungswesen angesiedelt werden. Im Gebiet des Schienengüterverkehrs konnten die Produktionsabläufe der Transportprozesse vertieft und detailliert erarbeitet werden. Im Vermessungswesen wurden die Alternativen zu GPS aufgezeigt und das Wissen über die Technik auf den aktuellsten Stand gebracht.

Ein weiterer Schwerpunkt der Arbeit lag in der Durchführung eines Feldversuches mit GPS im Schienenverkehr. Die grösste Hürde war, die richtige Ansprechperson in der SBB Cargo für die Durchführung zu finden. Als dieser Kontakt hergestellt war, wurde der Feldversuch innerhalb von zwei Tagen durchgeführt, was ohne Schwierigkeiten gelang. Zusätzlich stellte sich die SBB Cargo zur Verfügung, alle anstehenden Fragen zu beantworten. In diesem Sinne war die Zusammenarbeit mit der SBB Cargo sehr spannend und ergiebig, da aus erster Quelle Informationen über die Produktionsabläufe des Schienengüterverkehrs und die Problematik der Ortung im Ausland erworben werden konnten. Ausserdem war es eine wertvolle und bereichernde Erfahrung, sich in Fachkreisen zu bewegen und auch durchsetzen zu können.

Im Verlauf dieser Diplomarbeit habe ich einen guten Überblick über die Problematik gewonnen und viele methodische Erfahrungen gesammelt. Zusammenfassend bin ich mit der Arbeit zufrieden, da die gesetzten Ziele erreicht wurden und ein umfangreicher Bericht über den aktuellen Stand der Technik sowie mögliche Anwendungskonzepte für den operationellen Einsatz von GPS in der Bahngüterlogistik entstanden ist.

12 Literaturverzeichnis

- Bitzi, P. (2000): Mobile Positioning. When everything becomes wireless; you want to know, where it is. Vertiefungsblockarbeit SS2000, Institut für Geodäsie und Photogrammetrie (IGP), ETH Zürich, Zürich.
- Brändli, H. (2002): PS Produktion Sicherheit, Sicherung Eisenbahn, Skript, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT), ETH Zürich, Zürich.
- Bundesamt für Verkehr (2002): GSM-R eine Chance für die CH Bahnen, <http://www.bav.admin.ch/download/businessinfo/98.pdf>, Bern.
- Finkenzeller, K. (2002): RFID-Handbuch, Hanser, München.
- Forster, M und S. Landtwing (2004): GPS-Sensoren im öffentlichen Verkehr. Vertiefungsblockarbeit, Geodesy and Geodynamics Lab (GGL), ETH Zürich, Zürich.
- Geistler, A. und F. Böhringer (2005): Ortung von Schienenfahrzeugen mit bordautonomer Sensorik, ZEVrail Glasers Annalen 129, Karlsruhe.
- Heng, St. (2004): Verkehr und Informationstechnologie – Stau ade? WiSt Heft Nr. 6, http://www.dbresearch.de/PROD/DBR_INTERNET_DE-PROD/PROD0000000000081551.pdf
- ICM (2004): Telematikanwendungen im kombinierten Güterverkehr, Forschungsauftrag VSS 1999/256, Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation, Bundesamt für Strassen, Bern.
- Ingensand, H. und P. Bitzi (2001): Technologien der GSM-Positionierungsverfahren, AVN, Allgemeine Vermessungsnachricht, 8-9/2001, Wichmann, Hüthig, Heidelberg.
- Kehl, P. und St. Ziegler (2002): Positionierungsmöglichkeiten in Mobilfunknetzen, Diplomarbeit, Geodesy and Geodynamics Lab (GGL), Institut für Orts-, Regional-, und Landesplanung (ORL), ETH Zürich, Zürich.
- Rapp, M. (2004): Technik des Road Pricing, tec21, Fachzeitschrift für Architektur, Ingenieurwesen und Umwelt, Nr. 49-50, Zürich.
- Ruesch, M. und M. Benito (2002): Heutige und künftige Transportketten im Güterverkehr: Analyse und Normierungsbedarf. Forschungsauftrag VSS 1999/255 (21/00), Eidgenössisches Verkehrs- und Energiewirtschafts-departement, Bundesamt für Strassenbau, Bern.
- Toran-Marti F. und J. Ventura-Traveset (2003): The ESA EGNOS Project: The First Step of European Contribution to the Global Navigation Satellite System (GNSS), Navigare 2004, ION-CH, Schweizerisches Institut für Navigation, Winterthur.

Wichser, J. (2005): Güterlogistik und -Transport, Skript zur Vorlesung, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT), ETH Zürich, Zürich.

Internet

Deutsche Bahn AG (DB):

<http://www.db.de>, Stand Juli 2005

European Satellite Services Provider (ESSP):

<http://www.essp.be>, Stand Juli 2005

European Space Agency (ESA):

<http://www.esa.int>, Stand Juli 2005

Mobilfunk-Glossar:

<http://www.nobbi.com/glossar.htm>, Stand Juli 2005

SBB Cargo:

<http://www.sbbcargo.ch>, Stand Juli 2005

SBB Infrastruktur:

<http://mct.sbb.ch/mct/infrastruktur.htm>, Stand Juli 2005

Wikipedia, Die freie Enzyklopädie

<http://de.wikipedia.org/wiki/Hauptseite>, Stand Juli 2005

Gespräche

Herr Baiker, SBB Cargo

Besuch SBB Cargo in Basel vom 28.4.2005

Herr Kellner, Cabtronix AG

Telefongespräch vom 7.6.2005

Herr Lerch, SBB Cargo

Feldversuch von Basel nach Erstfeld vom 26.5.2005

Herr Mathis, Fachhochschule Rapperswil

Telefongespräch vom 15.6. 2005

Herr Morche, SECUTrac Technologie GmbH

Telefongespräch vom 31.5.2005

Herr Rehmann, SBB Cargo

Besuch SBB Cargo in Basel vom 28.4.2005

Herr Rüdlinger, SBB Cargo

Besuch SBB Cargo in Basel vom 28.4.2005

Anhang

Inhalt

A 1	Prozessanalyse EWLV	1
A 2	Prozessanalyse KLV.....	4
A 3	Problemanalyse EWLV und KLV	7
A 4	Datenflüsse zwischen Transportbeteiligten.....	9
A 5	Aufgabenstellung für Hilfsassistenten	10
A 6	Protokoll des Hilfsassistenten.....	12
A 7	Checkliste mit Begründung.....	14

A 1 Prozessanalyse EWL

Probleme	Kommunikationsstatus	Kunde	Prozessschritte	Transportbeteiligte	Kommunikationsstatus	Probleme	Kunden	Bahnunternehmer	Teambahnhofbetreiber	Rangierbetreiber	Zollbehörde
			Kunde / Versender								
		Suche Transportpartner		Offertaustellung			X	X			
		Auftragsvergabe		Auftragsannahme			X	X			
Flexibilität eingeschränkt Eingangsort- und Ausgangsort Anzahl Güterwagen Art Güterwagen				Auftrags eingabe - Eingang- und Ausgangsort - Anzahl Güterwagen - Art Güter				X			
		Rückfragen		Festsetzung Transportablauf			X	X	X	X	
Disposition Güterwagen				Disposition Sammelzug			X				
		Laden Güter in Güterwagen		Identifikation Güterwagen		Ortungs- und Erfassungsproblem Güterwagen	X				
		Übergabe Güter von Kunde an Bahnunternehmer		Zustellen Güterwagen an Kunden gemäss Güter			X				
						Pünktliche Ladung der Güter	X				
				Avisierung Teambahnhof A		Kommunikation mit Teambahnhofbetreiber		X			
				Abfahrt Sammelzug		Verspätungen		X			
kein Informationsfluss über Ort und Zustand der Güter			Sammeltransport								
				Sammeltransport zu Teambahnhof A		Ankunft pünktlich am Teambahnhof A (Rangiermöglichkeiten beschränkt) Güterwagenrangierung nach Ort		X			
				Disposition - Personal - Rangierung		Problem der Ortung von Güterwagen Kooperation Bahnunternehmer - Teambahnhofbetreiber		X	X		
				Ankunft Sammelzug		Pünktliche Ankunft Sammelzug Rangiermöglichkeiten beschränkt		X			
				Identifikation Güterwagen und Inspizierung auf Schäden		Erfassung ID nicht normiert			X		
				Dokumentkontrolle					X		
				Zuweisen Rangierung					X		
				Rangierung Nahgüterzug		Rangierung in kurzer Zeit Güterwagenrangierung nach Ort		X			
				Identifikation Güterwagen		Erfassung ID nicht normiert			X		
				Referenzierung Güterwagen mit Lokomotive		Ortungsproblem, welcher Güterwagen zu welcher Lok			X		
				Dokumentaustellung					X		
				Identifikation Güterwagen					X		
				Avisierung Rangierbahnhof A				X	X		
				Abfahrt Nahgüterzug		Verspätungen		X			
kein Informationsfluss über Ort und Zustand der Güter			Nahgütertransport								
				Nahgütertransport zu Rangierbahnhof A				X			
				Disposition - Personal - Rangierung		Problem der Ortung von Güterwagen Kooperation Bahnunternehmer - Rangierbahnhofbetreiber		X		X	
				Ankunft Nahgüterzug an Rangierbahnhof A		Ankunft pünktlich am Rangierbahnhof A (Rangiermöglichkeiten sind beschränkt)		X			
				Identifikation Güterwagen und Inspizierung auf Schäden		Erfassung ID nicht normiert				X	
				Dokumentkontrolle					X		
				Zuweisung Rangierung					X		
				Rangierung Ferngüterzug		Rangierung in kurzer Zeit Güterwagenrangierung nach Ort			X		
				Identifikation Güterwagen		Erfassung ID nicht normiert				X	
				Referenzierung Güterwagen mit Lokomotive		Ortungsproblem, welcher Güterwagen zu welcher Lok			X		
				Dokumentaustellung					X		
				Identifikation Güterwagen					X		
				Avisierung Rangierbahnhof B				X	X		
				Abfahrt Ferngüterzug				X			
kein Informationsfluss über Ort und Zustand der Güter			Ferngütertransport								
				Transport Ferngüterzug zu Rangierbahnhof B				X			
				ggf. Zollformalitäten				X		X	
				Disposition - Personal - Rangierung		Problem der Ortung von Güterwagen Kooperation Bahnunternehmer - Rangierbahnhofbetreiber		X		X	
				Ankunft Ferngüterzug		Ankunft pünktlich am Rangierbahnhof B (Rangiermöglichkeiten beschränkt)		X			
				Identifikation Güterwagen und Inspizierung auf Schäden		Erfassung ID nicht normiert				X	
				Dokumentkontrolle					X		
				Zuweisen Rangierung					X		
				Rangierung Nahgüterzug		Rangierung in kurzer Zeit Güterwagenrangierung nach Ort			X		
				Identifikation Güterwagen		Erfassung ID nicht normiert				X	
				Referenzierung Güterwagen mit Lokomotive		Ortungsproblem, welcher Güterwagen zu welcher Lok			X		
				Dokumentaustellung					X		
				Identifikation Güterwagen					X		
				Avisierung Teambahnhof B		Kommunikation mit Teambahnhofbetreiber		X	X		
				Abfahrt Nahgüterzug		Verspätung		X			

Probleme	Kommunikationsstatus	Kunden	Prozessschritte	Betreiber	Kommunikationsstatus	Probleme	Kunden	Bahunternehmer	Teambahnhofbetreiber	Rangierbetreiber	Zollbehörde
kein Informationsfluss über Ort und Zustand der Güter	flexibel		Nahgütertransport ↓ Teambahnhof B ↓ Verteiltransport ↓ Empfänger	Transport Nahgüterzug zu Teambahnhof B	flexibel			X			
				Disposition - Rangierung - Personal		Problem der Ortung von Güterwagen Kooperation Bahnunternehmer - Teambahnhofbetreiber	X	x			
				Ankunft Nahgüterzug		Pünktliche Ankunft an Teambahnhof B	X				
				Identifikation Güterwagen und Inspizierung auf Schäden		Erfassung ID nicht normiert		x			
				Dokumentkontrolle				x			
				Zuweisen Rangierung				x			
				Rangierung Verteilzug		Rangierung in kurzer Zeit Güterwagenrangierung nach Ort	X				
				Identifikation ID		Erfassung ID nicht normiert		x			
				Referenzierung Güterwagen mit Lokomotive		Ortungsproblem, welcher Güterwagen zu welcher Lok		x			
				Dokumentaustellung				x			
				Identifikation Güterwagen				x			
				Avisierung Empfänger			X	x			
				Abfahrt Verteilzug			X				
				Verteiltransport Güterwagen zu Empfänger			X				
				Ankunft Güterwagen		Disposition Güterwagen		X			
Entladen Güter aus Güterwagen		X									
Identifikation Güter		X									
Inspizierung der Güter auf Schäden und Vollständigkeit		X									
Übergabe Güter von Bahnunternehmer an Empfänger											
Rechnung Logistikunternehmen begleichen		X	X								
Weiterverarbeitung der Güter											

flexibel
nicht flexibel

Quelle:

> Gespräche mit Rüdinger, Baiker, Lerch, 2005

> ICM (2004): Telematikanwendungen im kombinierten Güterverkehr, Forschungsauftrag VSS 1999/256, Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation, Bundesamt für Strassen, Bern.

> Wichser, J. (2005): Güterlogistik und -Transport, Skript zur Vorlesung, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT), ETH Zürich, Zürich.

A 2 Prozessanalyse KLV

Probleme	Kommunikationsstatus	Kunden	Arbeitsschritte	Transportbeteiligte	Kommunikationsstatus	Probleme	Kunden	Spediteur	Spediteur Vor- / Nachlauf	Terminalbetreiber	Bahnunternehmer	Zollbehörde
			Kunde / Versender									
		Suche Transportpartner		Offertausstellung			x	x	x	x	x	
		Auftragsvergabe		Auftragsannahme			x	x	x	x	x	
Flexibilität eingeschränkt Eingangsort- und Ausgangsort - Art der Güter - Menge der Güter -				Auftrags eingabe - Eingang- und Ausgangsort - Art der Güter - Menge der Güter				x				
				Disposition Vorlauf		Ortungsproblem ITE		x	x			
				Identifikation ITE		Ladeeinheiten müssen eindeutig identifizierbar sein Identifikationserfassung nicht normiert			x			
		Rückfragen		Festsetzung Transportablauf			x		x			
				Senden ITE an Kunden		Pünktliche Sendung ITE			x			
		Ev. Anbringen Identifikationstags an ITE					x					
		Laden Güter in ITE					x					
			Vorlauf									
				Aufladen ITE auf Lkw					x			
				Anfangstransport Lkw zum Umschlagterminal A		Pünktliche Ankunft am Terminal A (Umschlagmöglichkeiten sind beschränkt)			x			
				Avisierung Umschlagterminal A		Kommunikation mit Terminalbetreiber		x	x	x		
			Terminal A	Disposition - Umschlag - Personal - Lagerung - Tragwagen		Ortungsproblem - ITE in Lagerung / Umschlag - Tragwagen Kooperation Terminalbetreiber - Spediteur - Bahnunternehmer			x	x	x	x
				Ankunft Lkw		Pünktliche Lieferung an Terminal Umschlagmittel für ITE beschränkt			x			
				Identifikation ITE		Erfassung ID nicht normiert			x	x		
				Dokumentkontrolle						x		
				Inspizierung ITE auf Schäden und Vollständigkeit					x	x		
				Zuweisen Umschlagplatz, Lagerungsraum						x		
				Lkw zum Warteraum fahren					x			
				Lkw zum Umschlagplatz fahren					x			
kein Informationsfluss über Ort und Zustand der Güter				Umschlag ITE auf Tragwagen		Lagerungsmöglichkeiten beschränkt Tragwagen in kurzer Zeit beladen Tragwagendisposition unzureichend			x	x		
				Verlassen Lkw Terminal A		Lkw fährt ohne ITE zurück			x			
				Rangierung Tragwagen						x	x	
				Referenzierung ITE mit Tragwagen und Tragwagen mit Lokomotive		Ortungsproblem, welcher Behälter auf welchem Tragwagen und welcher Tragwagen zu welcher Lokomotive				x		
				Dokumentaustellung						x		
				Avisierung Umschlagterminal B				x		x		
				Inspizierung ITE auf Schäden, Vollständigkeit und Fixierung							x	
				Abfahrt Güterzug		Verspätung bei Abfahrt, Terminalbetreiber keinen Einfluss auf Ab- oder Einfahrt Güterzug					x	
				Ausstellung Rechnung				x		x		
			Hauptlauf									
kein Informationsfluss über Ort und Zustand der Güter Planänderungen können nicht berücksichtigt werden				Hauptlauftransport zum Umschlagterminal B		Verspätung Zug, lange Wartezeiten, Abgleich der Plan- und Ist-Daten in Echtzeit					x	
				ggf. Zollformalitäten		Lange Wartezeiten					x	x

Probleme	Kommunikationsstatus	Kunden	Arbeitsschritte	Betreiber	Kommunikationsstatus	Probleme	Kunden	Spediteur	Spediteur Vor- / Nachlauf	Terminalbetreiber	Bahnunternehmer	Zollbehörde			
kein Informationsfluss über Ort und Zustand der Güter	flexibel		Terminal B ↓ Nachlauf ↓ Empfänger	Disposition - Umschlag - Personal - Lagerung - Lkw	flexibel	Ortungsproblem - Güterzug - ITE Kooperation Terminalbetreiber - Spediteur - Bahnunternehmer			x	x	x				
				Ankunft Güterzug		Pünktliche Ankunft an Terminal B Terminalbetreiber keinen Einfluss auf Güterzug							x		
				Identifikation ITE		Erfassung ID nicht normiert							x		
				Dokumentkontrolle									x		
				Inspizierung ITE auf Schäden und Vollständigkeit									x		
				Ankunft Lkw		Lkw muss pünktlich sein						x			
				Zuweisen Rangierung, Lagerung, Umschlag an Güterzug und Lkw									x		
				Rangierung Güterzug		Informationsfluss Terminalbetreiber - Bahnunternehmer über Zuglänge									x
				Lkw zum Umschlagplatz									x		
				Umschlag ITE auf Lkw		Lagerungsmöglichkeiten beschränkt Umschlag in kurzer Zeit							x	x	
				Inspizierung ITE auf Schäden, Vollständigkeit und Fixierung									x		
				Identifikation ITE		Erfassung ID nicht normiert							x		
				Dokumentaustellung										x	
				Avisierung Empfänger								x	x		
				Verlassen Lkw Terminal B									x		
				Abfahrt Güterzug		Güterzug fährt ohne Ladung zurück									x
				Ausstellung Rechnung								x		x	
				Nachlauftransport Lkw zum Empfänger									x		
				Ankunft Lkw										x	
				Abrollen ITE von Lkw										x	
				Identifikation ITE										x	
				Aufladen ITE auf Lkw		Disposition ITE						x		x	
				Abfahrt Lkw								x		x	
				Weiterverarbeitung der Güter								x			

Quelle:
 > Gespräche mit Rüdinger, Baiker, Lerch, 2005
 > ICM (2004): Telematikanwendungen im kombinierten Güterverkehr, Forschungsauftrag VSS 1999/256, Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation, Bundesamt für Strassen, Bern.
 > Wichser, J. (2005): Güterlogistik und -Transport, Skript zur Vorlesung, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT), ETH Zürich, Zürich.

A 3 Problemanalyse EWLK und KLV

Beschreibung Problem	Datenfluss	Datenerfassung	Lokalisierung	zeitlicher Ablauf	EWLV				
					Kunde	Bahnunternehmer	Teambahnhofbetreiber	Rangierbahnhofbetreiber	Zollbehörde
Kunde - Sammel- und Verteiltransport									
Mit Auftragsvergabe an Bahnunternehmen ist Flexibilität des Kunden eingeschränkt - Eingangs- und Ausgangsort mit Zeit - Anzahl Güterwagen	x		x	x	x	x	x	x	x
Eindeutige Identifikation Güterwagen		x				x			
Pünktliche Beladung Güterwagen vom Kunden				x	x				
Keine Informationen über Zustand und Ort der Güterwagen für Kunden bis Ankunft beim Empfänger	x		x		x	x	x	x	
Fahrplaneinhaltung des Sammelzuges				x		x			
Datenübermittlung beim Avisieren des Teambahnhofs - Ankunft Sammelzug - Ordnung der Güterwagen - Typ Güterwagen - Zielteambahnhof - Gewicht - Identifikation (Basisdaten) Güterwagen	x					x	x		
Teambahnhof									
Pünktliche Ankunft Sammelzug; Rangierzeit und -Möglichkeiten beschränkt				x		x			
Identifikation (Basisdaten) Güterwagen am Teambahnhof nicht normiert, noch manuell		x					x		
Rangierung gemäss Zielrangierbahnhof in kurzer Zeit				x		x		x	
Datenübermittlung beim Avisieren des Rangierbahnhofs - Ankunft Nahgüterzug - Ordnung der Güterwagen - Typ Güterwagen - Zielrangierbahnhof - Gewicht - Identifikation (Basisdaten) Güterwagen	x					x		x	
Pünktliche Abfahrt Nahgüterzug				x		x			
Ortung während Nahgütertransport nicht möglich; nur Ankunfts- und Abfahrtszeit bekannt			x			x			
Rangierbahnhof									
Pünktliche Ankunft Nahgüterzug				x		x			
Identifikation (Basisdaten) Güterwagen an Rangierbahnhof nicht normiert; noch manuell		x						x	
Güterwagen Reihenfolge nicht optimal für weitere Rangierung	x					x		x	
Datenübermittlung Rangierbahnhof A - Rangierbahnhof B - Geplante Ankunftszeit Güterzug - Identifikation Güterwagen - Anzahl Güterwagen - Gewicht Güterwagen - Position des Güterwagens auf Güterzug	x					x		x	
Pünktliche Ankunft oder Abfahrt Güterzug am Rangierbahnhof				x		x			
Ferngütertransport									
Kommunikation beim Befahren ausländischer Schienennetze		x				x			
Ortung während Hauptlauf nicht möglich, nur Ankunfts- und Abfahrtszeit bekannt			x			x			
Verzögerungen während Hauptlauf aufgrund Wartezeiten				x		x			
Verzögerungen aufgrund Zollformalitäten				x		x			x

Beschreibung Problem	Datenfluss	Datenerfassung	Lokalisierung	zeitlicher Ablauf	KLV					
					Kunde	Spediteur	Vor- und Nachlauf Spediteur	KLV-Unternehmen (Terminalbetreiber)	Bahnunternehmer	Zollbehörde
Kunde - Vorlauf und Nachlauf										
Mit Auftragsvergabe an Spediteur Flexibilität des Kunden eingeschränkt - Eingangs- und Ausgangsort mit Zeit - Art und Menge der Güter	x		x	x	x	x	x	x	x	x
Disposition ITE für Zustellung zum Kunden; Aufenthaltsort aller ITE nicht bekannt (allenfalls ITE in der Nähe des Kunden einsetzbar)			x			x				
Eindeutige Identifikation der ITE		x				x	x	x	x	
Datenübermittlung Spediteur / Vorlaufspediteur - Identifikation (Basisdaten) ITE	x					x	x			
Pünktliche Sendung ITE vom Vorlaufspediteur zum Kunden zur Beladung				x			x			
Pünktliche Beladung ITE vom Kunde				x	x					
Datenübermittlung bei Avisierung Terminalbetreiber von Spediteur / Vorlaufspediteur - Geplante Ankunftszeit - Anzahl ITE - Grösse ITE - Gewicht ITE - Identifikation ITE - Notwendige Umschlagtechnik - Zielterminal	x					x	x	x		
Umschlagterminal										
Pünktliche Ankunft Vorlaufspediteur und Nachlaufspediteur am Terminal; Umschlagszeit beschränkt				x			x			
Identifikation (Basisdaten) ITE am Terminal nicht normiert; noch manuell		x						x		
Keine Informationen über Zustand und Ort der ITE für Kunden bis Umschlag auf Nachlauf	x		x	x	x	x	x	x	x	
Ortung bei Lagerungsprozessen			x					x		
Datenübermittlung Terminalbetreiber - Bahnunternehmen - Ausgangsterminal und Zielterminal - Zeitfenster - Identifikation ITE - Gewicht Zugkomposition - Anzahl ITE - Länge des Zuges	x							x	x	
Lagerungsmöglichkeiten im Terminal beschränkt				x				x		
Beladen der Tragwagen in kurzer Zeit, Umschlaggeräte und Platz beschränkt				x				x		
Rangierung aufwändig; mangelhafte Absprache Bahnunternehmer und Terminalbetreiber	x							x	x	
ITE Reihenfolge nicht optimal für weitere Rangierung	x								x	
Datenübermittlung Terminalbetreiber A - Terminalbetreiber B - Geplante Ankunftszeit Güterzug - Identifikation ITE - Anzahl ITE - Gewicht ITE - ITE-Position auf Güterzug - Notwendige Umschlagtechnik - Ev. Zollformulare	x							x		
Pünktliche Ankunft oder Abfahrt Güterzug am Terminal				x					x	
Weiterer Einsatz Tragwagen, ITE	x		x			x		x		
Hauptlauf										
Kommunikation beim Befahren ausländischer Schienennetze	x						x			x
Ortung während Hauptlauf nicht möglich, nur Ankunfts- und Abfahrtszeit bekannt			x							x
Verzögerungen während Hauptlauf aufgrund Wartezeiten				x						x
Verzögerungen aufgrund Zollformalitäten				x						x

A 4 Datenflüsse zwischen Transportbeteiligten

Datenflüsse zwischen Transportbeteiligten		Daten																													
		Allgemein										spezifisch KLV						spezifisch EWL													
		Zeitfenster	Zugnummer	Gewicht Güterzug	Länge Güterzug	Höchstgeschwindigkeit	Trasse	Anzahl Fahrzeuge	Adresse Kunden	Lieferadresse, Abholadresse	Art der Güter	Menge der Güter	ev. Zollformulare	Gewicht Zugkomposition	Ausgangs- / Zielterminal	Anzahl ITE	Grösse ITE	Gewicht ITE	Identifikationsnummer ITE	Angaben Vor- / Nachlaufspediteur	Umschlagtechnik ITE	Position ITE bei Zugkomposition	Abhol- / Zustellungs-gleis	Anzahl Güterwagen	Typ Güterwagen	Identifikationsnummer Güterwagen	Gewicht Güterwagen	Ausgangs- / Zielrangierbahnhof	Ausgangs- / Zielteambahnhof	Position Güterwagen bei Güterzug	
Allgemein																															
	Bahnunternehmen - Infrastrukturbetreiber	x	x	x	x	x	x																								
	Bahnunternehmen - Zollbehörde	x	x	x				x	x		x	x	x																		
spezifisch KLV																															
Beteiligte	Spediteur - Vor- / Nachlaufspediteur	x							x	x	x				x	x	x	x	x	x											
	Spediteur - KLV-Unternehmen	x							x		x	x			x	x	x	x	x	x											
	Terminalbetreiber - Vor- / Nachlaufspediteur zwischen Terminalbetreibern	x							x	x	x				x	x	x	x	x	x	x										
	Terminalbetreiber - Bahnunternehmen	x	x	x	x						x		x		x	x		x	x			x									
spezifisch EWL																															
	Bahnunternehmen - Teambahnhofbetreiber	x							x		x													x	x	x	x	x		x	x
	Bahnunternehmen - Rangierbahnhofbetreiber zwischen Rangierbahnhofbetreibern	x	x	x					x		x													x	x	x	x	x	x	x	
	Teambahnhofbetreiber - Rangierbahnhofbetreiber	x	x						x		x													x	x	x	x	x	x	x	

A 5 Aufgabenstellung für Hilfsassistenten

Disposition / Verfolgung eines Schienenfahrzeuges

Aufgabe für Gabriel Anderhub, Do. 26.5.2005, 9:00 – ca- 12 Uhr:

Stell dir vor, du bist ein Güterverkehrsdisponent und vermisst einen Wagen. Über SMS kannst du dessen Position abrufen (in °Länge und °Breite) und seinen momentanen dynamischen Weg verfolgen.

Du hast an Hilfsmittel die oben angesprochene Positionierung mittels SMS zur Verfügung sowie die Landeskarten der Schweiz gemäss Sammlung des IVT (im Kafferaum).

Die Aufgabe besteht:

1. Abrufen der Wagen-Position per SMS mind alle 10min
2. Genaues Protokollieren der erhaltenen Positionen mit Zeit
3. Ortsbestimmung über die Landeskarte nach jedem SMS, wo der Wagen nun gerade sein müsste
4. Nach jedem SMS: Erahnen, welchen weiteren Weg der Wagen wahrscheinlich nehmen wird?
5. Evtl.: Notieren von Problemen und Besonderheiten/Bemerkungen

Am Schluss ist nebst dem Protokoll ein kurzer Bericht abzugeben, wie du dich als Disponent während dieser Messphase gefühlt hast, ob die Positionierung per SMS deinen Aufgaben gerecht wurde und was das grösste Problem war.

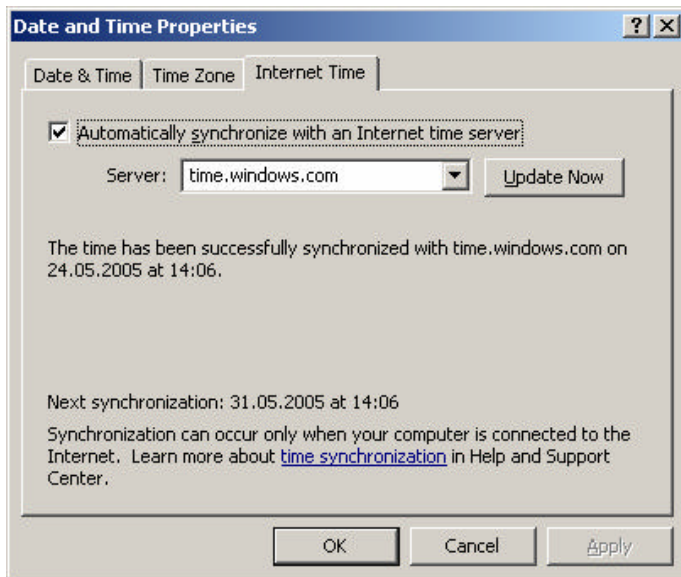
25.5.2005/hs

Hilfsmittel zum Koordinatenumrechnen:

<http://www.swisstopo.ch/de/geo/navref.htm>

Protokoll der SMS Nachrichten

1. Die Uhr des Computers einstellen gemäss PrintScreen



2. **Leeres SMS** an die Nummer **076 530 42 93**
3. Zeit Absenden SMS sowie Ankunft SMS protokollieren
4. LON, LAT, umgerechnete Koordinaten, möglicher Aufenthaltsort protokollieren
5. Bemerkungen anfügen, falls Position nicht glaubwürdig, lange Rücksendezeit etc.
6. Falls 2x SMS erfolglos gesendet wurden, mich kontaktieren 076 407 03 60. GPS muss in diesem Fall neu gestartet werden.

A 6 Protokoll des Hilfsassistenten

Seite: 7 von ____

Protokoll Feldversuch 26. 5. 05 1: 100'000 Karte

Protokollführer:

Mobiltelefonnummer:

SMS-Abfrageart: **Mobilfunknetz (GSM/GPRS):**

Zeit Absenden SMS	Zeit Ankunft SMS	Lon [°] X	Lat [°] Y	Bemerkungen Möglicher Aufenthaltsort
6.03.56	6.05.13	8.1234.....	46.8.....	-
		600000	2000000	Zürich Oerlikon
09:05	09:09	7.5890816	47.5811531	
		611 319	270 062	Sasel Hafen (Kleinmünchen)
	09:21.20			
09:21.40	09:21.40	7.5899603	47.5826300	" "
		589 010	270 218	
		611 385	270 226	
09:31.12	09:31.32	7.6006132	47.5767122	Sasel (nahe Autobahnaufkl.-Hängen)
		612 188	269 569	
09:39.15	09:39.30	7.6203821	47.5916289	Sasel St. Jakob
		613 986	265 692	
09:52.15	09:52.34	7.6693994	47.5269931	Pratteln (Ausfahrt Rang-Blf)
		617 380	264 870	
10:02.05	10:02.24	7.7138696	47.5332387	Angel-Kaisersmatt
		820 726	269 758	
10:12.35	12.50	7.8207509	47.5595835	Möcklin-Mumpf
		633 276	267 746	
10:22.05	22.34	8.0193199	47.5128696	Eisbahn Bf Frick
		643 367	262 616	
31.10	10:34.45	8.1052207	47.4724614	Tunnelleinfaht Bözberg (Zeichen)
	10:39(nach)	650 252	258 178	
41.35	41.55	8.2167717	47.4394599	Luffig
		658 697	254 597	
52.30	52.45	8.2778223	47.3419482	Wohlen
		663 418	243 793	

Seite: 2 von

Zeit Absenden SMS	Zeit Ankunft SMS	Lon [°] X	Lat [°] Y	Bemerkungen Möglicher Aufenthaltsort
11:01.35	11:01.55	8.3560572 669 437	47.2595595 239 699	Muri (AG)
11:13.45	11:14.10	8.4291149 675 132	47.1417915 221 695	Bhf Ratkrenz
11:19.20	11:19.40	8.4560828 677 237	47.1001378 217 071	Innensee
11:27.20	11:27.40	8.5528326 684 662	47.0427968 211 463	Arth Goldau
11:38.50	11:...	8.6243132 690 317	46.9758254 196 769	Sisikon-Fluelen

2.13
2.14
Meine Uhr ging 2min 14sek vor!
12:07.50
12:08.15
wtozeit.org/atomuhr.html
12:05 37
12:06.01

A 7 Checkliste mit Begründung

Kriterium	COO	Gewichtete Punktzahl	Begründung	GPS mit GSM-Modul	Gewichtete Punktzahl	Begründung
Hauptkriterien Gewichtung 1.0						
Eindeutige Positionierung	-1.0	-1.0	gibt nur Zelle an, nach der man geortet ist	3.0	3.0	Ausgabe Position X, Y
Positionierung georeferenziert	-1.0	-1.0	Erhält Georeferenzierung der Basisantenne	3.0	3.0	georeferenziert
Positionsabfrage an Transportablauf anpassbar	-3.0	-3.0	max. 4 Abfragen möglich	3.0	3.0	mit GSM mehr Abfragen falls notwendig
Positionsbestimmung gelagerter ITE	1.0	1.0	möglich, jedoch Multipath	-3.0	-3.0	nicht möglich: kein Empfang
Ortungssystem in Europa einsetzbar	-3.0	-3.0	im Moment nicht möglich	3.0	3.0	GPS-Empfang überall in Europa
Meldung bei Landesgrenzenüberschreitungen	3.0	3.0	möglich, Zellen sind Ländern zugeordnet	1.0	1.0	Mit Ausdehnung der Länder berechnen
Angabe Zeitpunkt mit Datum der Lokalisierung	3.0	3.0	Lokalisierbarkeit mit Datum und Zeit	3.0	3.0	Datum/Zeitpunkt wird aufgenommen
Darstellung Lokalisierung mit Kartenmaterial	2.0	2.0	Sind nur Zellen zuordnungsbar	3.0	3.0	geht direkt, da Position georeferenziert ist
Position eindeutiger Identifikationsnummer referenzierbar	1.0	1.0	braucht zusätzliche Datenbank (Pflege)	3.0	3.0	auf Speichermodul möglich
Datenschwemme verhindern durch Abgleich SOLL-IST Fahrplan	-1.0	-1.0	möglich, jedoch schwieriger, da nicht eindeutig vorhanden ist.	3.0	3.0	Zeitabgleich einfach realisierbar
Statistische Auswertung in Echtzeit	3.0	3.0	möglich	3.0	3.0	möglich: Position georeferenziert
Daten an Leitzentrale in Echtzeit senden	1.0	1.0	Senden Signal mit Verzögerungen	1.0	1.0	Senden SMS mit Verzögerungen von Ausland
Geringe externe Stromversorgung	3.0	3.0	2mA/h für 4 Lokalisierungen pro Tag	2.0	2.0	2mA für 1 Messung im Halbstundentakt, nur Antenne
Resistent gegen Dreck und Witterungseinflüsse	3.0	3.0	resistent	3.0	3.0	resistent
Strapazierfähigkeit gegen starke Schläge und Vibrationen	3.0	3.0	auf solche Aufgaben zugeschnitten	3.0	3.0	auf solche Aufgaben zugeschnitten
Andere Frequenzen im Schienenverkehr nicht beeinträchtigen	3.0	3.0	nein	3.0	3.0	nein
Wartungsaufwand gering	-2.0	-2.0	passiver Sensor	-2.0	-2.0	aktiver Sensor
Wartungsaufwand einfach realisierbar	-1.0	-1.0	Sensor austauschen, Strom aufladen	-1.0	-1.0	Sensor austauschen, Strom aufladen
Diebstahlsicherheit	3.0	3.0	im Fahrzeug / ITE angebracht	-1.0	-1.0	Antenne nur beschränkt Empfang im Fahrzeug / ITE
Erfahrung	-3.0	-3.0	wird noch kaum eingesetzt	3.0	3.0	erprobt und im Flottenmanagement eingesetzt
Summe positive Hauptkriterien		29			40	
Summe negativer Hauptkriterien		-12			-7	
TOTAL (60)		17.0			33.0	

Nebenkriterien Gewichtung 0.5	COO	Gewichtete Punktzahl	Begründung	GPS mit GSM-Modul	Gewichtete Punktzahl	Begründung
Lokalisierungsgenauigkeit bei Knotenpunkten unter 5m	-3.0	-1.5	Genauigkeit 100m	1.0	0.5	Absolute Genauigkeit zwischen 0 und 10 Meter
Stand der Bearbeitung im Knoten melden	-3.0	-1.5	nicht möglich: Multipath, Genauigkeit	3.0	1.5	mit Abgrenzung von Koordinatenbereichen machbar
Kundenangaben bei Lokalisierung erkennbar	1.0	0.5	mit zusätzlicher Datenbank (Pflege)	3.0	1.5	braucht zusätzliche Speichereinheit
Art der Güter bei Lokalisierung erkennbar	1.0	0.5	mit zusätzlicher Datenbank (Pflege)	3.0	1.5	braucht zusätzliche Speichereinheit
Gefahrne Kilometer ausgeben	-3.0	-1.5	nur ungenau möglich: Position nur der Basisstation mit Radius erhalten	3.0	1.5	möglich: Position georeferenziert
Totale Standzeit ausgeben	-3.0	-1.5	nur ungenau möglich: Position nur mit Radius erhalten	3.0	1.5	möglich: Position georeferenziert
Summe positive Hauptkriterien		1			8	
Summe negativer Hauptkriterien		-6			0	
TOTAL (9)		-5.0			8.0	
TOTAL (69)		12.0			41.0	

Skalierung

- 3 sehr gut realisierbar
- 2 gut realisierbar
- 1 realisierbar
- 1 machbar, jedoch mit Aufwand
- 2 kaum realisierbar
- 3 nicht realisierbar