



Sicherheitsrelevante Ortung mit GNSS bei der Eisenbahn

16.1.2007, Wien

Dr.-Ing. Michael Meyer zu Hörste



Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft



Ortung mit GNSS bei der Eisenbahn

- Einleitung
- Einsatz von GNSS bei der Eisenbahn
- Projekte
 - **GRAIL** (GJU)
 - DemoOrt (BMW i)
 - RCAS (DLR)
- Ausblick



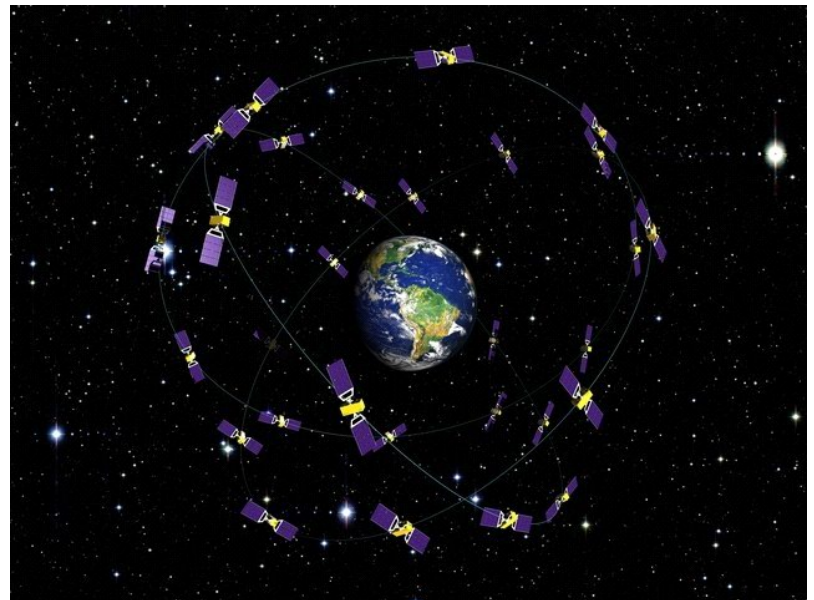
Ortung mit GNSS bei der Eisenbahn

- Einleitung
- Einsatz von GNSS bei der Eisenbahn
- Projekte
 - **GRAIL** (GJU)
 - DemoOrt (BMW i)
 - RCAS (DLR)
- Ausblick

Ortung mit GNSS bei der Eisenbahn

Einleitung

- Die Systementwicklung von Galileo schreitet fort: erster Testsatellit GIOVE-A ist im All
- Die verschiedenen Services und Parameter sind spezifiziert
- Prototypen, Konzepte und Ideen für Anwendungen sind in der Entwicklung

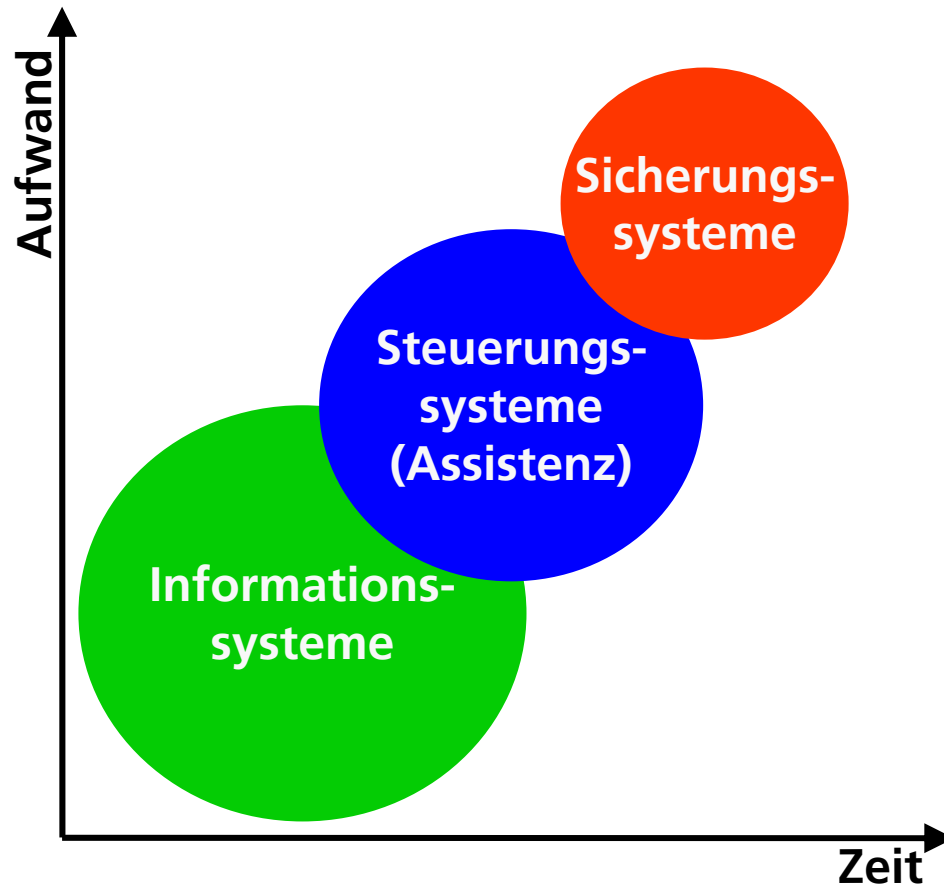




Ortung mit GNSS bei der Eisenbahn

- Einleitung
- Einsatz von GNSS bei der Eisenbahn
- Projekte
 - **GRAIL** (GJU)
 - DemoOrt (BMW i)
 - RCAS (DLR)
- Ausblick

GNSS – Anwendungsklassen



GNSS Anwendungen – Zusammenfassung der Ergebnisse der Galileo Task Force

		Straße	Schiene	Person	Intermodal	Maritim	Luft	Summe
Anwendungen		11	16	7	5	9	6	54
Detailiert	Information	3	4	3	3	-	-	13
	Assistenz	2	8	1	1	-	-	12
	Sicherung	1	4	0	0	-	-	5
	Summe	6	16	4	4	-	-	30

GNSS Anwendungen im Detail

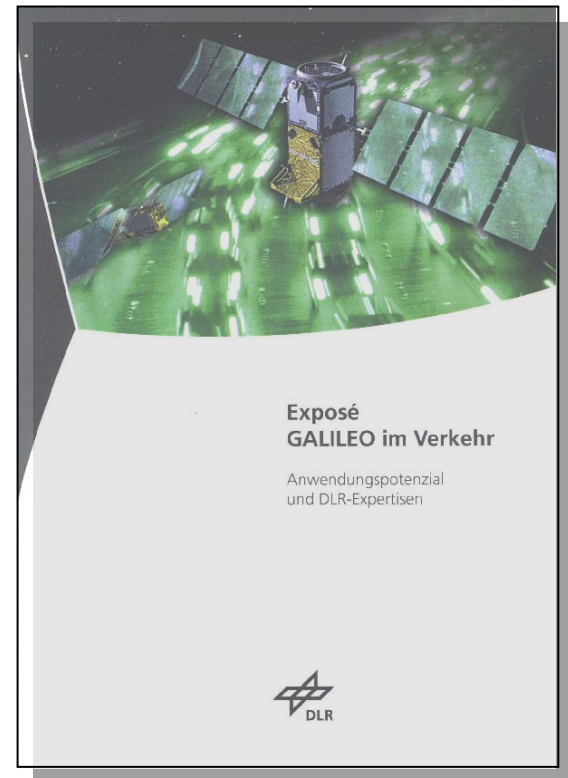
Thema	Road	Rail	Person	Intermodal
Alarm, Zielführung und Rettung (ASAR)	X	(X)	X	
Fahrerunterstützung (ADAS)	X			
Steuerung, Sicherung und Unfallvermeidung	X			
Intra- und intermodale Überwachung von Gefahrguttransporten				X
Erfassung georeferenzierter Umgebungsdaten	X	(X)	(X)	(X)
Nutzungsabhängige Entgelte für Verkehrsinfrastrukturen und Dienstleistungen	X	X	X	(X)
Geographische Authentifizierung	(X)		X	
Dynamische Empfehlung von Verkehrsmittel, Geschwindigkeit und Route				X
Gemischter Betrieb: Fliegende Überholung		X		
Energieeffizientes Fahren		X		
Zugvollständigkeit		X		
Intrazug-Kommunikation per Funk: Fahren langer Züge		X		
Intrazug-Kommunikation per Funk: Bremsen		X		
Railway Collision Avoidance System (RCAS)		X		
Güterverfolgung		X		
Gefahrguttelemetrie		X		
„Zugnummernmeldung“ – Bahn AIS		X		
Verbesserte Interoperabilität		X		
Warnung an Bahnsteigen		X		
Erhöhtes Verkehrsaufkommen		X		
GNSS-basierte Messung des Reibfaktors		X		

X	Anwendbar
(X)	bedingt anwendbar

X	nicht sicherheitsrelevant
X	sicherheitsrelevant
X	sicherheitskritisch

Satellitengestützte Ortung im DLR „Galileo Task Force“

- DLR-interne Arbeitsgruppe zum Thema „Anwendungen von GNSS im bodengebundenen Verkehr“
- Beteiligte Institute:
Verkehrsführung und Fahrzeugsteuerung
Verkehrsforschung
Kommunikation und Navigation
- Ergebnis:
„GALILEO im Verkehr – Anwendungs-
potenzial und DLR-Expertisen“
- Download unter:
http://www.dlr.de/Portaldata/1/Resources/verkehr/Galileo_Anwendungen.pdf



GNSS Anwendungen bei der Eisenbahn

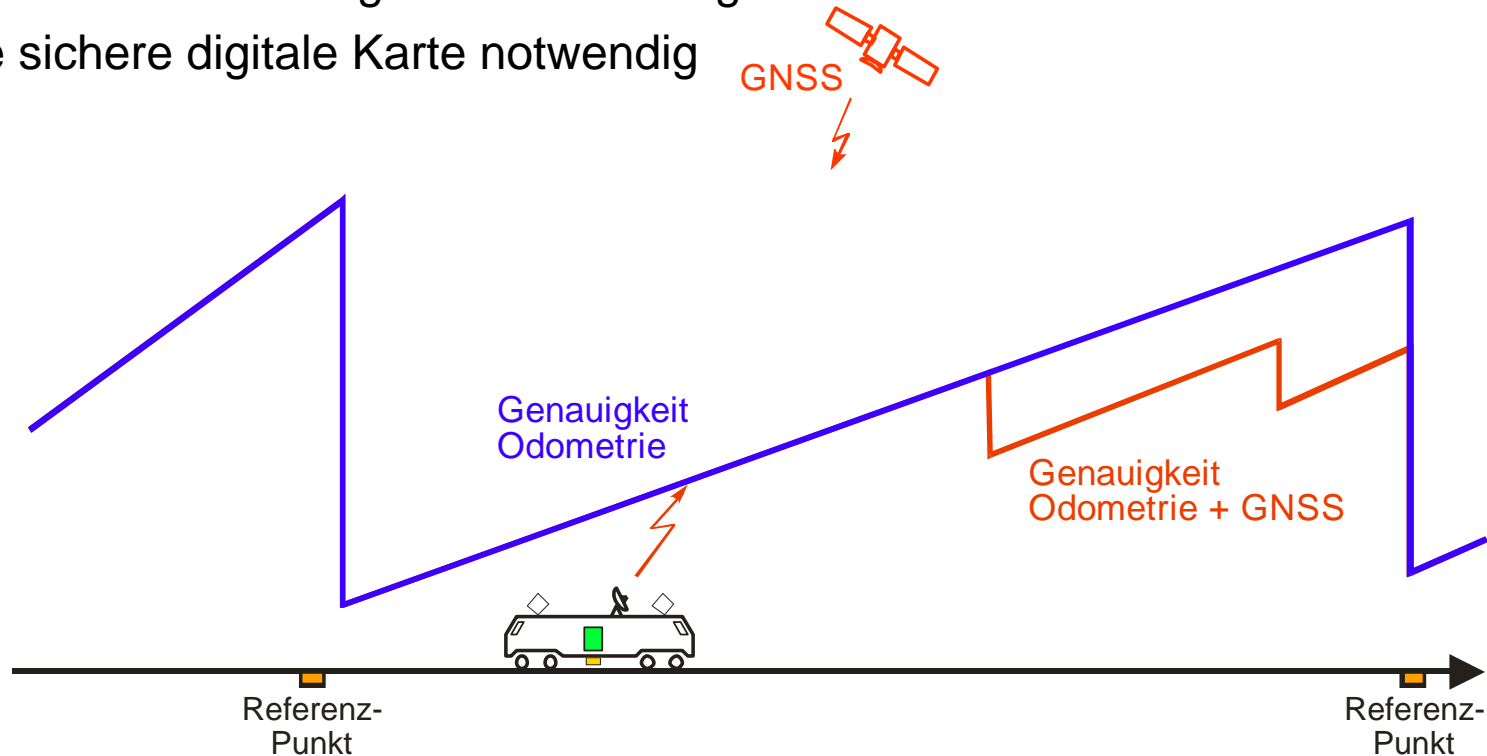
Sichere Anwendungen GNSS

Accuracy Requirement	Integrity Requirement		
	Very High	High	Low
Very High (0.01 – 1m)	Digital Route Map Odometer Calibration	Setting Out (audit) Construction (QA)	Infrastructure Survey Structural Monitoring Gauging Surveys
High (1-10m)	Train Location Speed Profile Calc. Train length monitoring Cold Movement Detector Level Crossing Superv. Worker protection Tilting Train Supervision ...	Door Control Power Control Infrastrct. Charging Hazardous Cargo Dispatching Management of emergencies ...	Energy Saving Station Stop Advisor Passenger Comfort Internet access points Dispensing Lubricants Site Management
Low (>10m)	Low traffic ATP	Location of GSM-R reports	Passenger Info. Sys. Fleet Management Energy Efficiency ...

GNSS Anwendungen bei der Eisenbahn

Beispiel 1: Verbesserte Odometrie

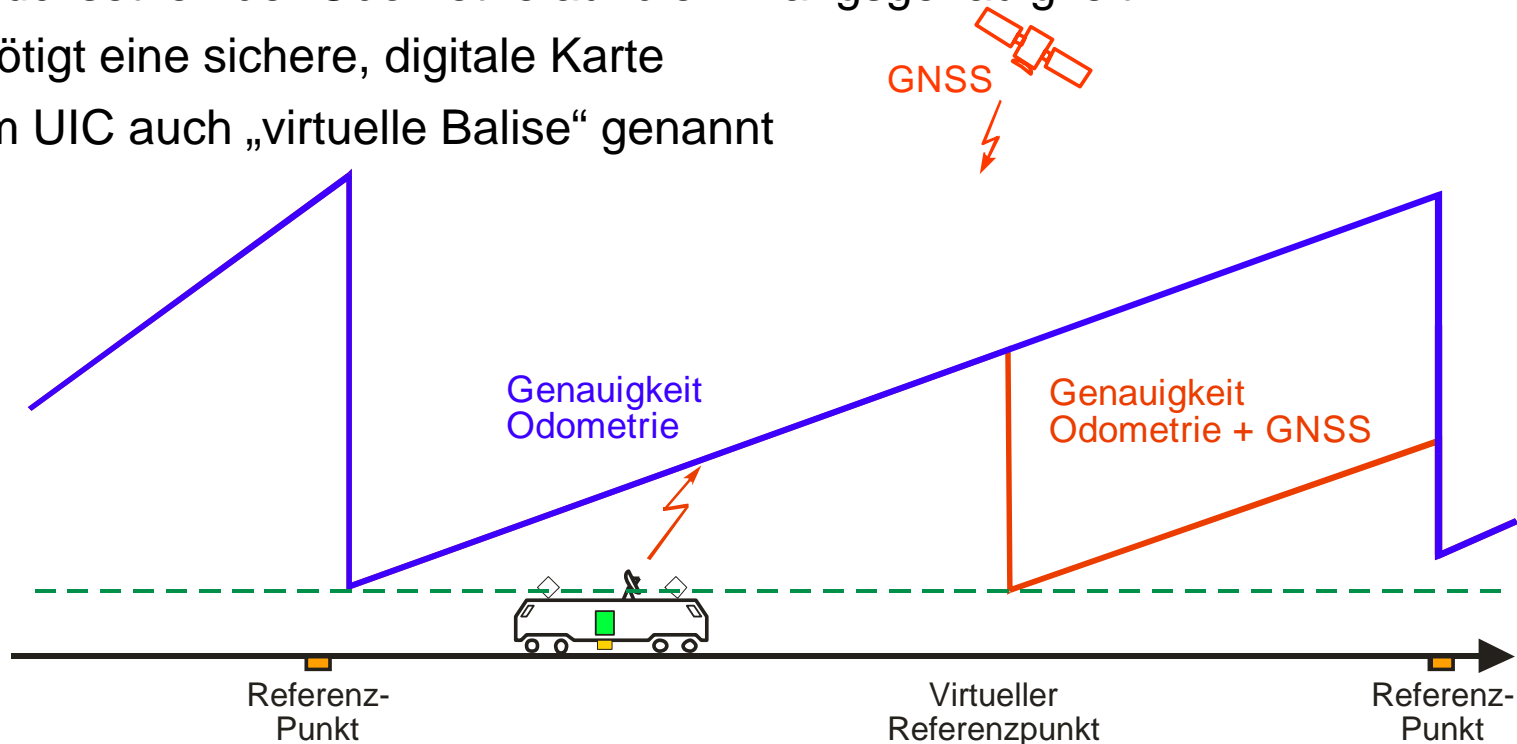
- Funktion:
Reduzierung der Ungenauigkeit der Odometrie, wenn die GNSS Ortung höhere Genauigkeit liefert
- Keine sichere digitale Karte notwendig



GNSS Anwendungen bei der Eisenbahn

Beispiel 2: Bestimmung absoluter Positionen

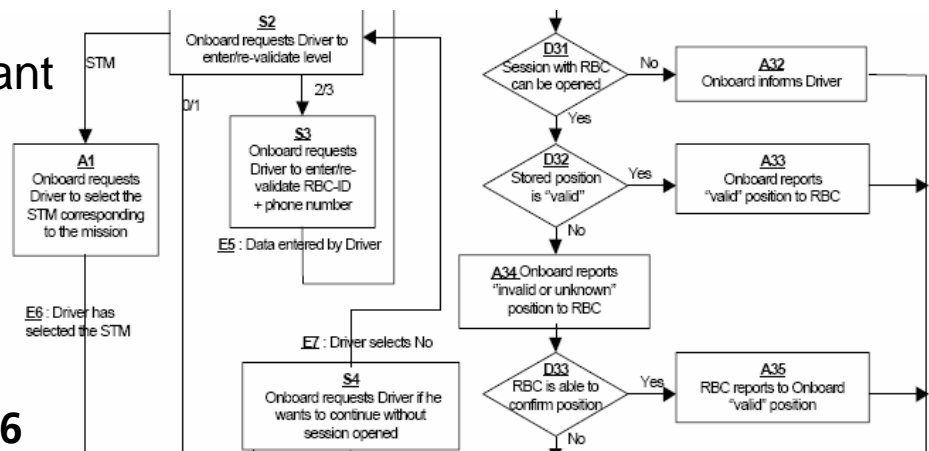
- Funktionen:
 - 1) Erkennen eines definierten Referenzpunktes
 - 2) Rücksetzen der Odometrie auf die Anfangsgenauigkeit
- Benötigt eine sichere, digitale Karte
- Beim UIC auch „virtuelle Balise“ genannt



GNSS Anwendungen bei der Eisenbahn

Beispiel 3: Unterstützung der Zuginitialisierung

- Funktionen:
 - 1) Erkennen der Bewegung eines abgeschalteten Fahrzeugs
 - 2) Übertragen einer neuen, sicheren Position an einen neu eingeschalteten Zug
 - 3) Absichern eines Starts in Vollüberwachung
- Benötigt eine sichere, digitale Karte
- In ETCS als Cold Vehicle Movement Detection (CMD) und Train Awakening (TA)
- Vor allem in Frankreich relevant

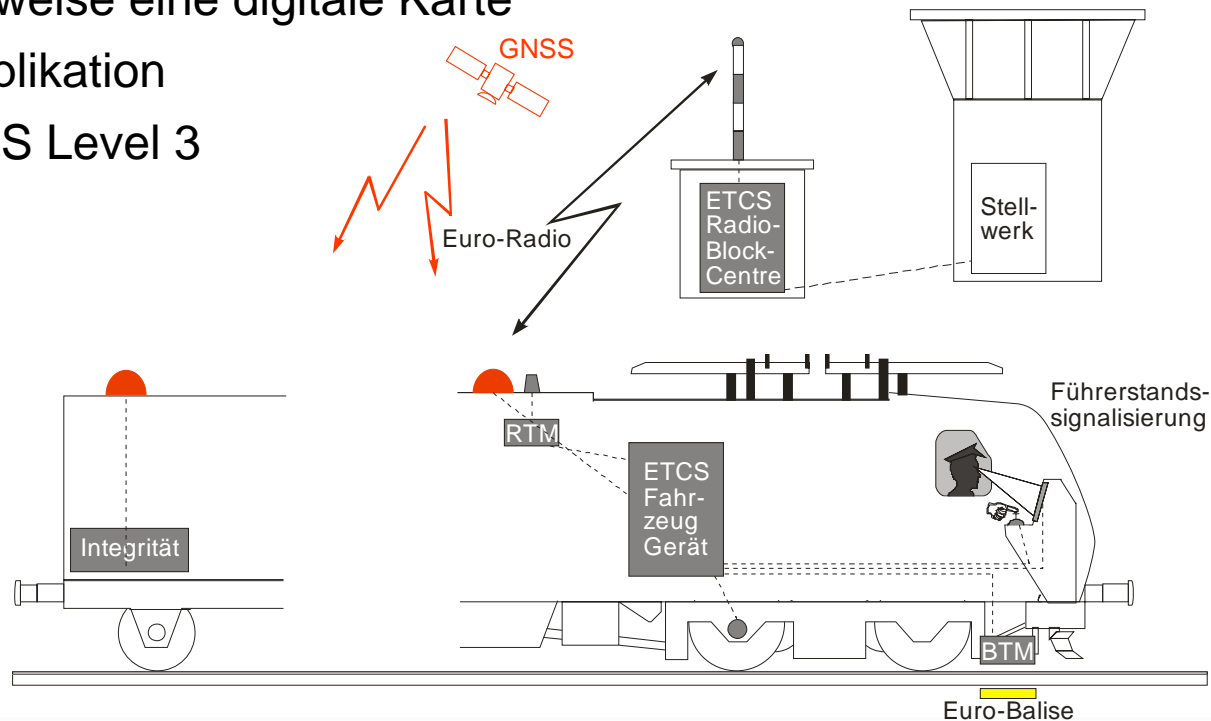


Quelle: UNISIG ETCS subset 26

GNSS Anwendungen bei der Eisenbahn

Beispiel 4: Überwachung der Zugvollständigkeit

- Funktion:
Überwachung der Zugvollständigkeit und Erkennen von Zugtrennungen durch den Vergleich der Positionen von Zugspitze und Zugende
- Benötigt möglicherweise eine digitale Karte
- Ist eine sichere Applikation
- Notwendig für ETCS Level 3



Satellitengestützte Ortung in der Europäischen Bahnforschung

- Grünbuch
- European Rail Research Advisory Council (ERRAC): Strategic Rail Research Agenda (SRRA)
- Galileo Joint Undertaking (GJU) / European GNSS Supervisory Authority (GSA): GNSS Introduction in the Rail Sector - „GRAIL“
- European GNSS Supervisory Authority (GSA): Zertifizierung von Applikationen





Ortung mit GNSS bei der Eisenbahn

- Einleitung
- Einsatz von GNSS bei der Eisenbahn
- Projekte
 - **GRAIL** **(GJU)**
 - DemoOrt (BMW i)
 - RCAS (DLR)
- Ausblick

GRAIL – GNSS Introduction in the Rail Sector

Das Konsortium





GRAIL – GNSS Introduction in the Rail Sector

Einige Daten

Förderer:

- Galileo Joint Undertaking (GJU, bis Ende 2006)
- European GNSS Supervisory Authority (GSA, ab 2007)

Laufzeit:

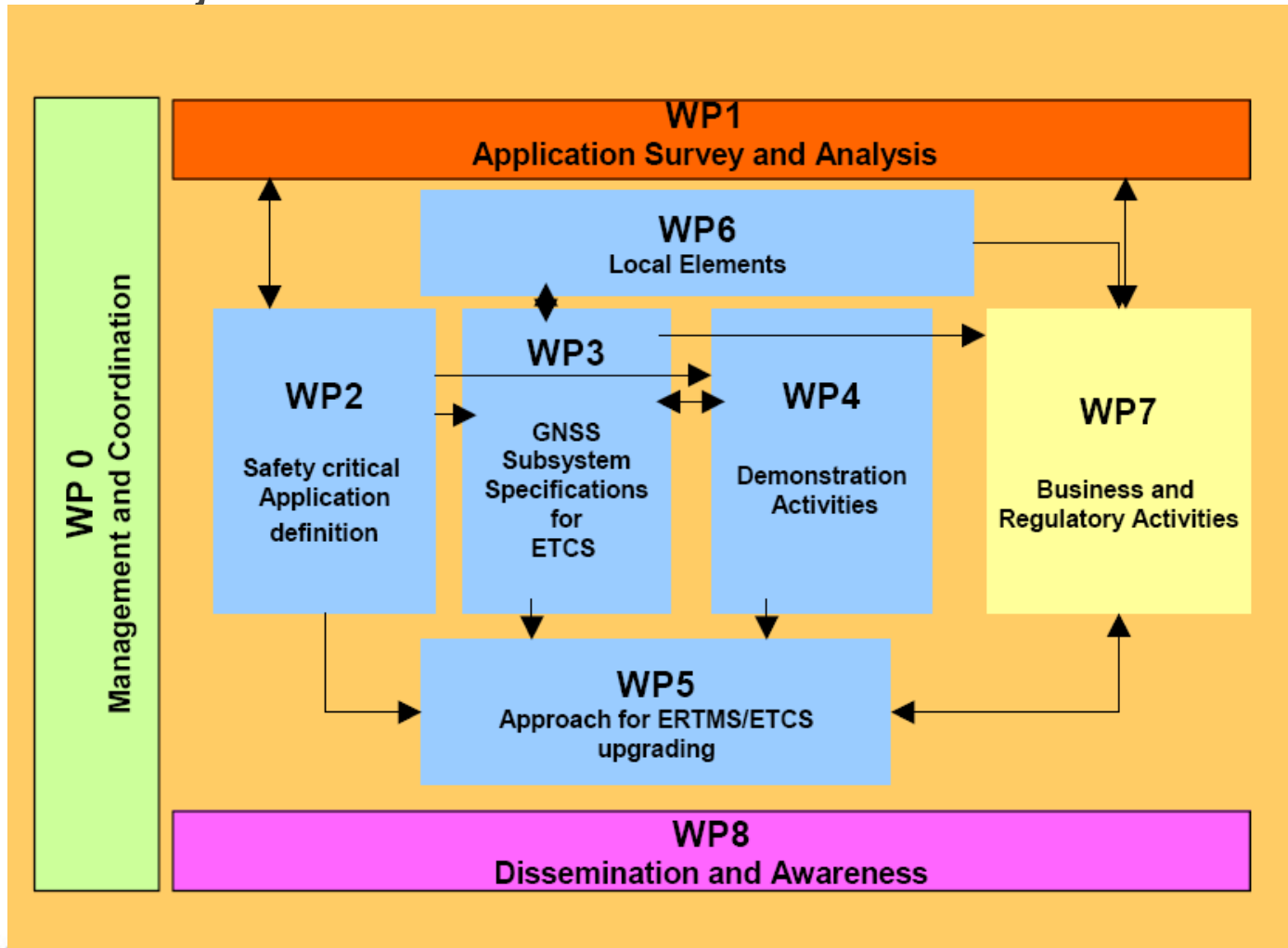
- Januar 2006 – Dezember 2007

Budget:

- 6,627 Mio € Gesamtbudget
- Davon 3,685 Mio € durch GJU gefördert
- Davon 162 T€ DLR Budget (zu 50 % gefördert)

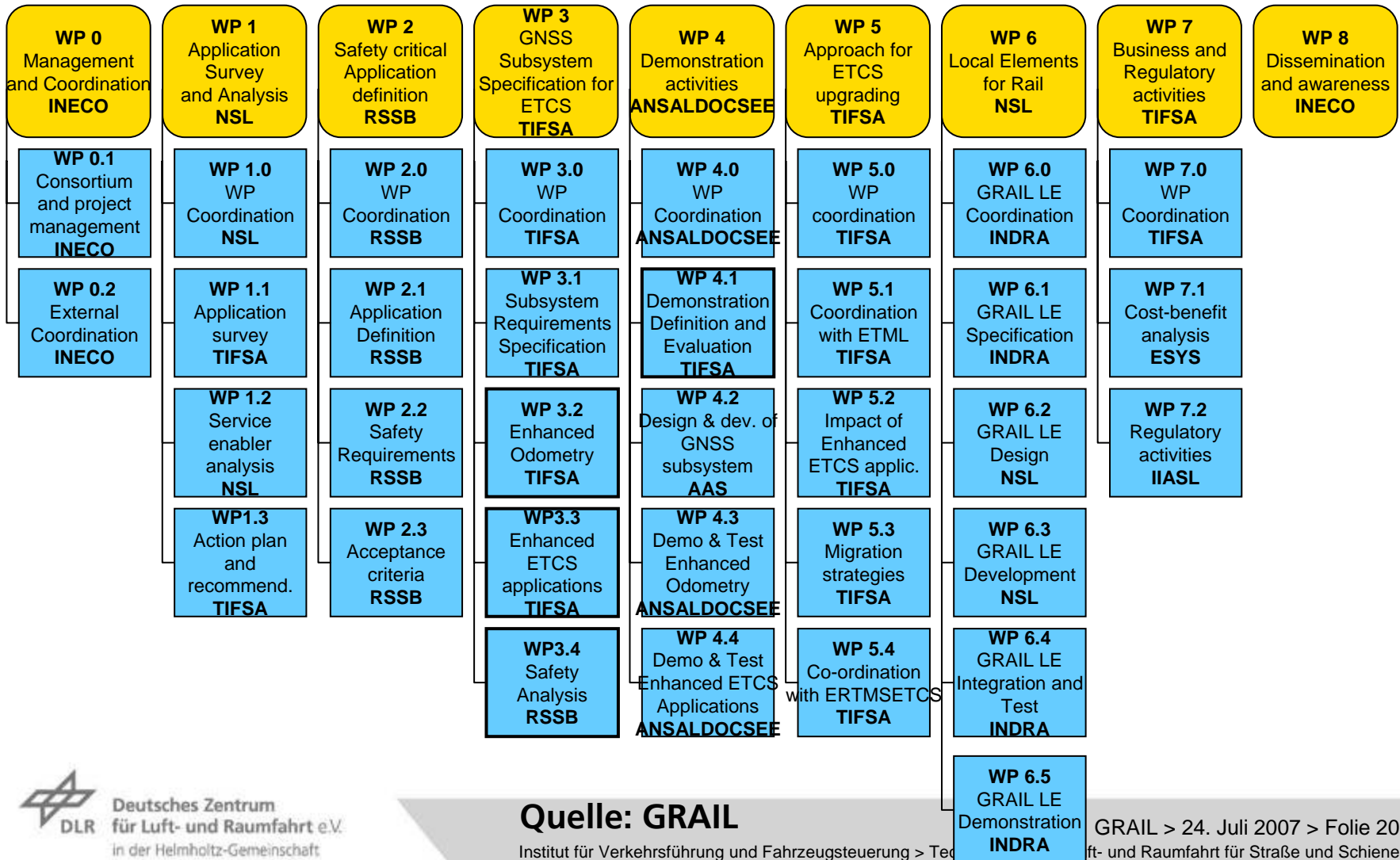
GRAIL – GNSS Introduction in the Rail Sector

Die Projektstruktur



GRAIL – GNSS Introduction in the Rail Sector

Die Arbeitspakete



GRAIL – GNSS Introduction in the Rail Sector

Inhalte

Anwendung von GNSS für sicherheitsrelevante Applikationen im European Train Control System (ETCS)

Anwendungen ohne digitale Karte

- Enhanced Odometry (EO): Verbesserung der „klassischen“ Odometrie, um die ETCS Grenzwerte einzuhalten

Anwendungen mit digitaler Karte

- Absolute Positioning (AP): Ortung durch Referenzpunkte („virtuelle Balise“)
- Train Integrity (TI): Feststellung der Zugvollständigkeit mit einem Front End of Train und Rear End of Train device
- Cold Movement Detection (CMD) & Enhanced Train Awakening (TA): Vergleich der letzten Position vor dem Abschalten und der ersten nach dem Einschalten

GRAIL – GNSS Introduction in the Rail Sector

ETCS Anforderungen (& Galileo SIS Performance)

	ERTMS / ETCS Requirement	Galileo SIS
Integrity	Required	Only SoL
Horizontal Accuracy	$< \pm 5$ m (with 95% confidence level)	4 m (with 95% confidence level)
Vertical Accuracy	-	8 m (with 95% confidence level)
Speed	600 km/h	< 463 km/h
Speed accuracy	0 to 30 km/h ± 2 km/h 30 to 500 km/h Linear from ± 2 to ± 12 km/h > 500 km/h ± 12 km/h	20cm/s (with 95% confidence level) = 0,72 km/h
Horizontal acceleration	3,0 m/s ²	$< 2g$ ($< 19,62$ m/s ²)
Timing Accuracy	0,1%	< 30 ns (2 sigma) over any 24 h period
Horizontal Alarm Limit	0,15%	40 m

Quelle: GRAIL

DemoOrt

Fakten

- Laufzeit: 09/2004 – 01/2006 (Phase 1: Systemaufbau)
01/2007 – 06/2008 (Phase 2: Test und Erprobung)
- Förderer: Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi)
Projektträger: TÜV Rheinland GmbH
- Koordinator: - DLR IFS, Braunschweig
- Partner:
 - Bombardier Transportation Rail Control Solution, Mannheim
 - Institut für Mess- und Regelungstechnik der Uni Karlsruhe
 - Institut für Verkehrssicherheit und Automatisierungstechnik der technischen Universität Braunschweig
- Das Ziel von DemoOrt besteht im Aufbau einer Plattform mit bordautonomer Technik, bei der neue Technologien integriert werden sollen. Besonderer Wert wird dabei auf Ortungstechnologie auf Satelliten- und Wirbelstrombasis gelegt werden. Das System soll hochverfügbar ausgelegt werden und für Anwendungen mit Sicherheitsverantwortung zur Verfügung stehen.
- DLR Aufgaben: Spezifikation, Sicherheitsbetrachtung, Migrationsstrategie

DemoOrt Grundidee

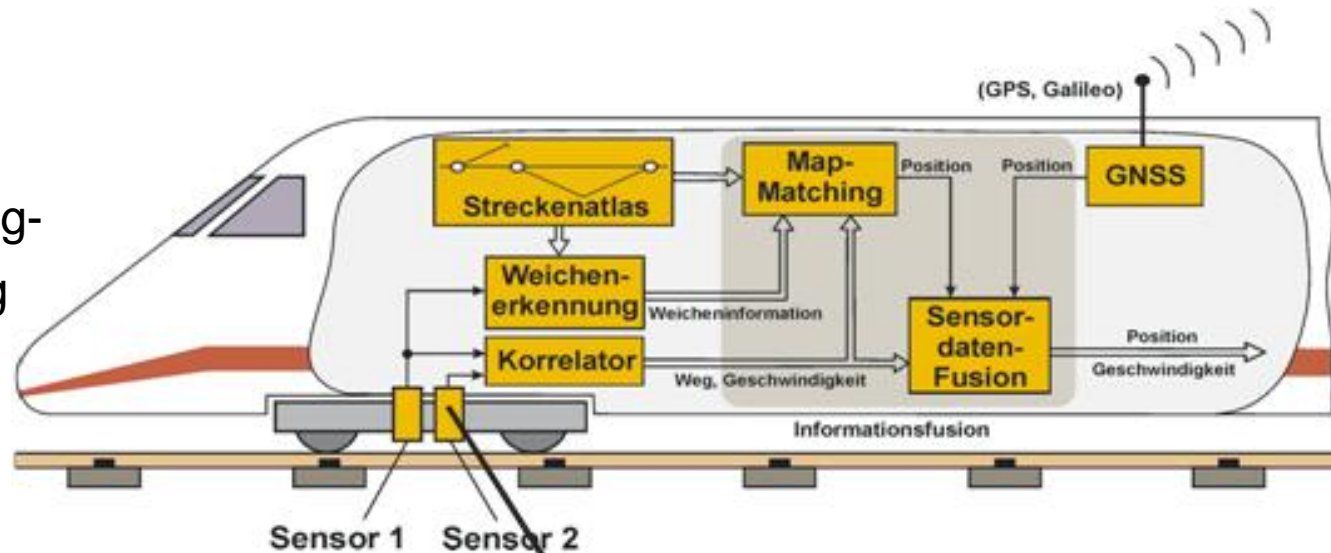
Sichere, Fahrzeug-
autonome Ortung

durch Einsatz
von:

GNSS (GPS)

Wirbelstromsensorik

Digitaler Karte





Bedien- und Visualisierungskonzepte „Railway Collision Avoidance System - RCAS“

Ansatz

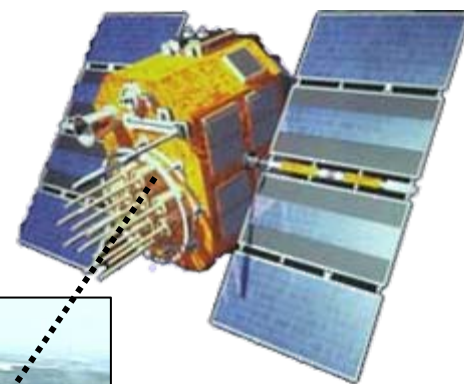
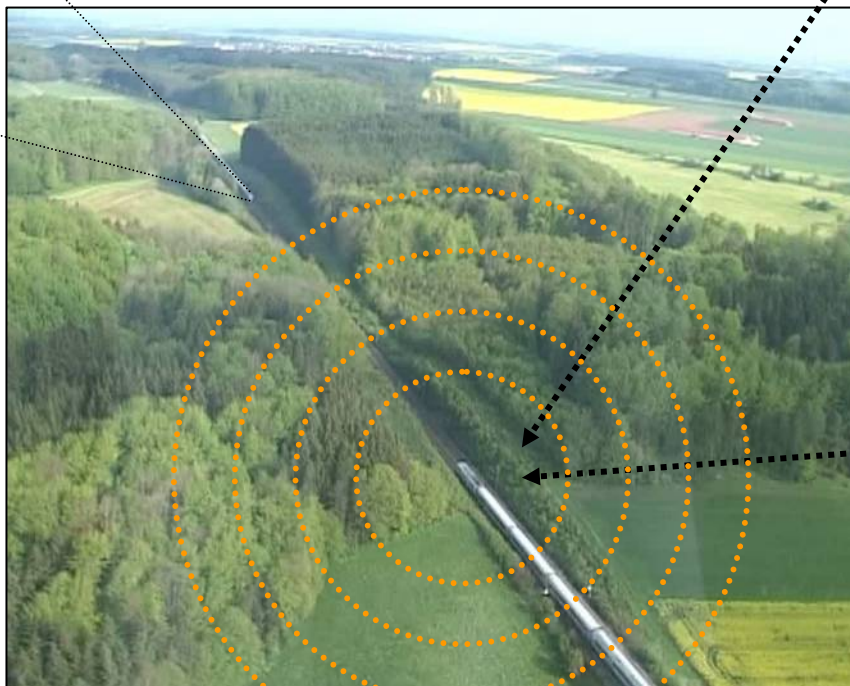
- Übertragung des TCAS aus der Luftfahrt: Detektion von drohenden Kollisionen durch Bestimmung und Verteilung per Broadcast des Bewegungsvektors und Vergleich mit empfangenen Vektoren

Konzept

- Sichere, fahrzeugautonome Ortung mittels GNSS und weiterer Sensoren
- Verwendung einer digitalen Karte
- Übertragung per Nahbereichsfunk
- Warnung des Fahrzeugführers oder auch automatischer Bremseneingriff

- Nutzung der Ergebnisse von DemoOrt


Railway Collision Avoidance System (RCAS) mit GALILEO





Ortung mit GNSS bei der Eisenbahn

- Einleitung
- Einsatz von GNSS bei der Eisenbahn
- Projekte
 - **GRAIL** (GJU)
 - DemoOrt (BMW i)
 - RCAS (DLR)
- Zusammenfassung und Ausblick



Ortung mit GNSS bei der Eisenbahn

Zusammenfassung und Ausblick

- Galileo ist in der Systementwicklung weit fortgeschritten
- Bis Anwendungen kommerziell eingesetzt werden können, vergeht noch Zeit
- Die Entwicklung – insbesondere sicherheitsrelevanter – Anwendungen benötigt ebenfalls noch Zeit
- Eine breite Palette von Anwendungen bei der Eisenbahn ist heute bereits in der Diskussion oder Entwicklung
- Galileo ist immer nur Technologie für eine Anwendung



GRAIL – GNSS Introduction in the Rail Sector



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Anregungen?