



# Satellitennavigation – Effizienzsteigerung bei gleicher Sicherheit im Schienenverkehr

Dr.-Ing. Klaus P. Jaschke (Siemens AG, TS RA) und  
Dr.-Ing. Michael Meyer zu Hörste (DLR FS)





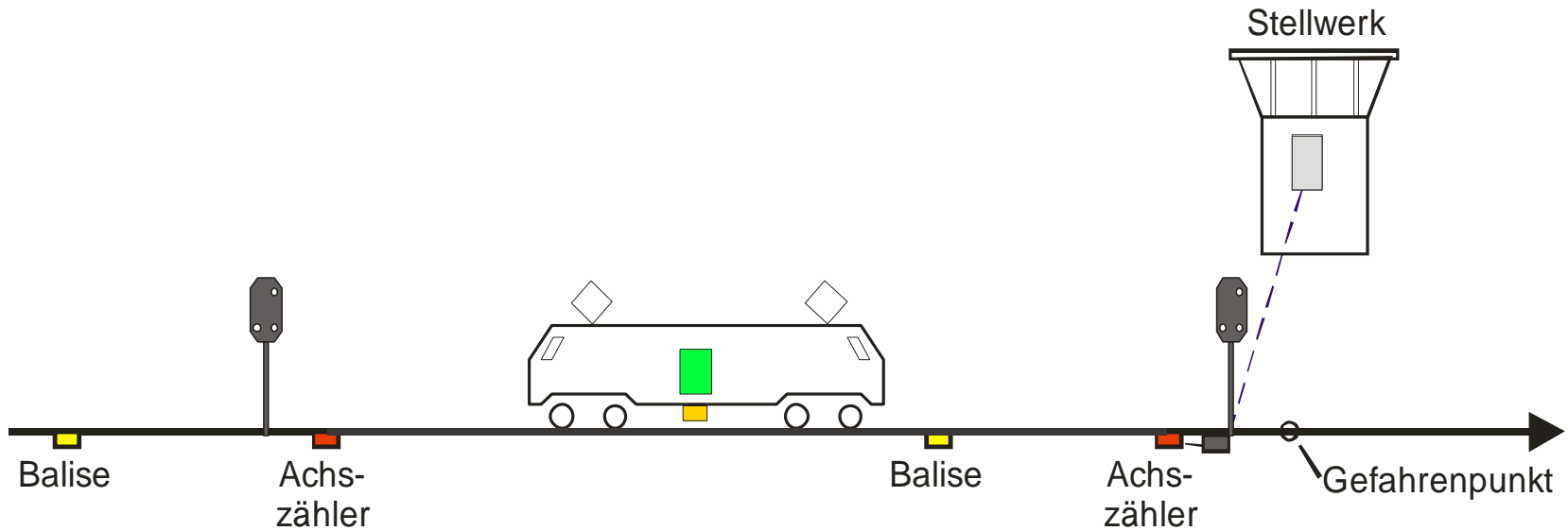
# Gliederung

- Ortung – die Basis für den Eisenbahnbetrieb
- Vorteile einer GNSS-Ortung
- GNSS-Anwendungsklassen
- Mögliche Anwendungen
- Technische Ansätze zur Realisierung
- Satellitengestützte Ortung in der Eisenbahnforschung
- Projekt GRAIL
- Zusammenfassung und Ausblick



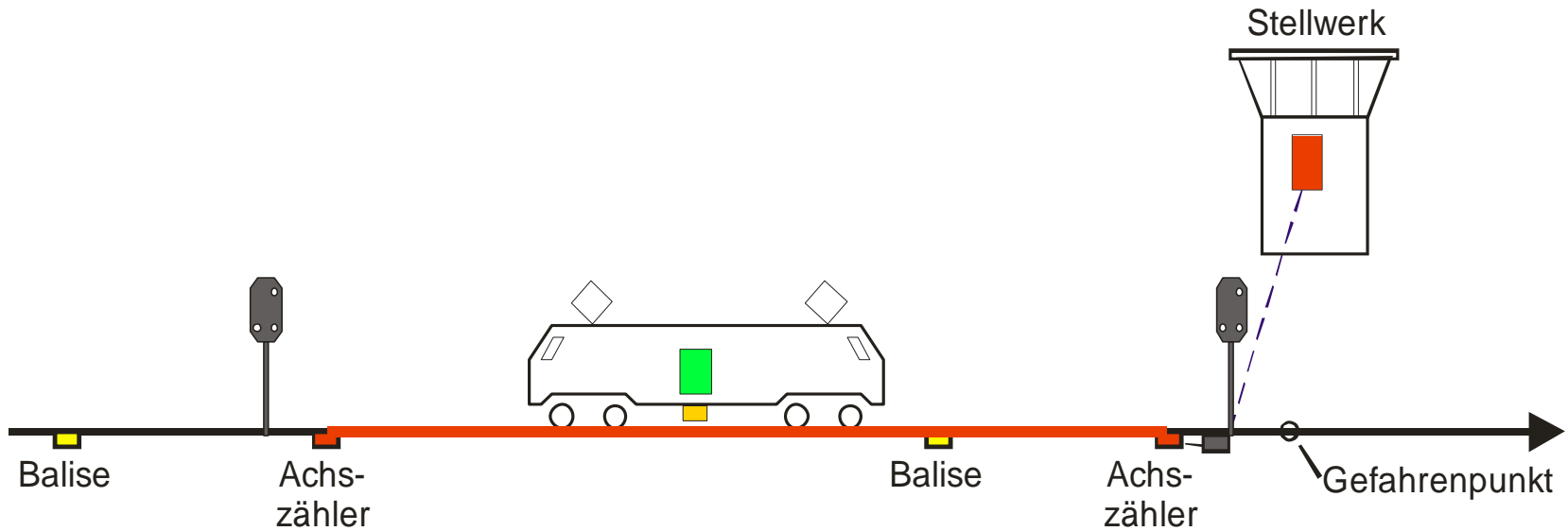


# Ortung bei der Eisenbahn

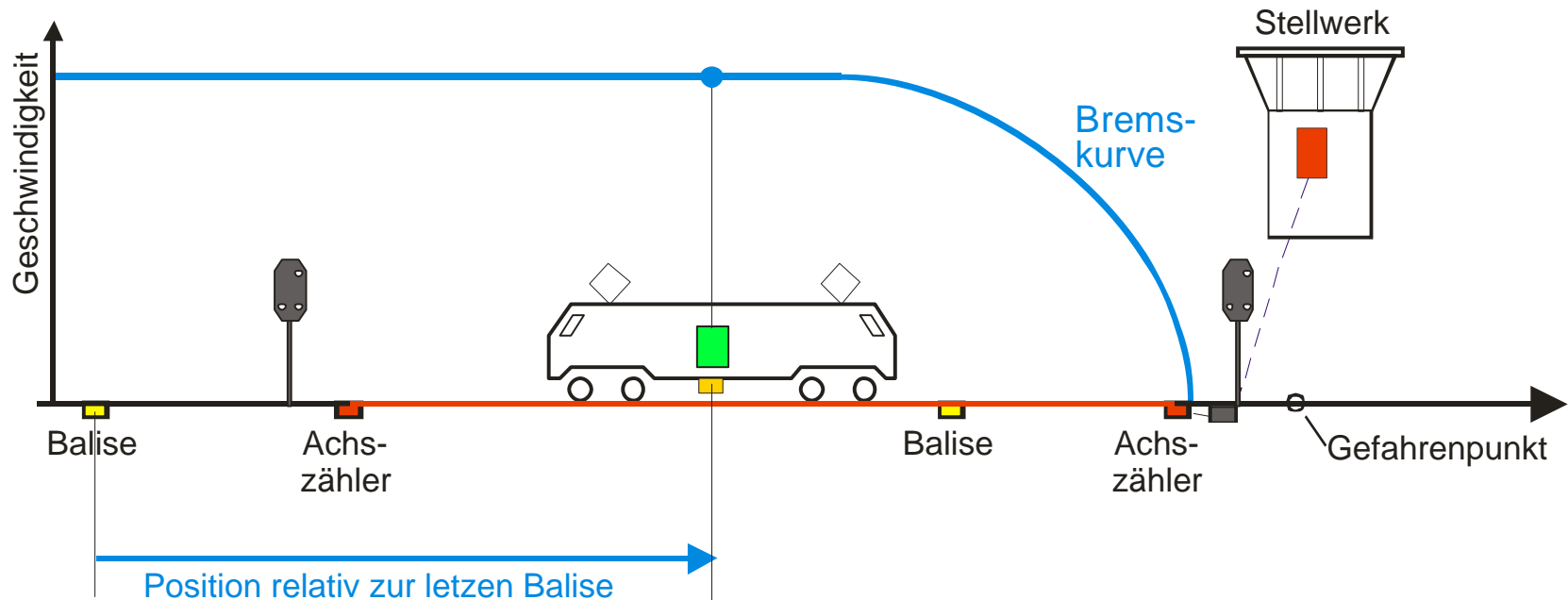




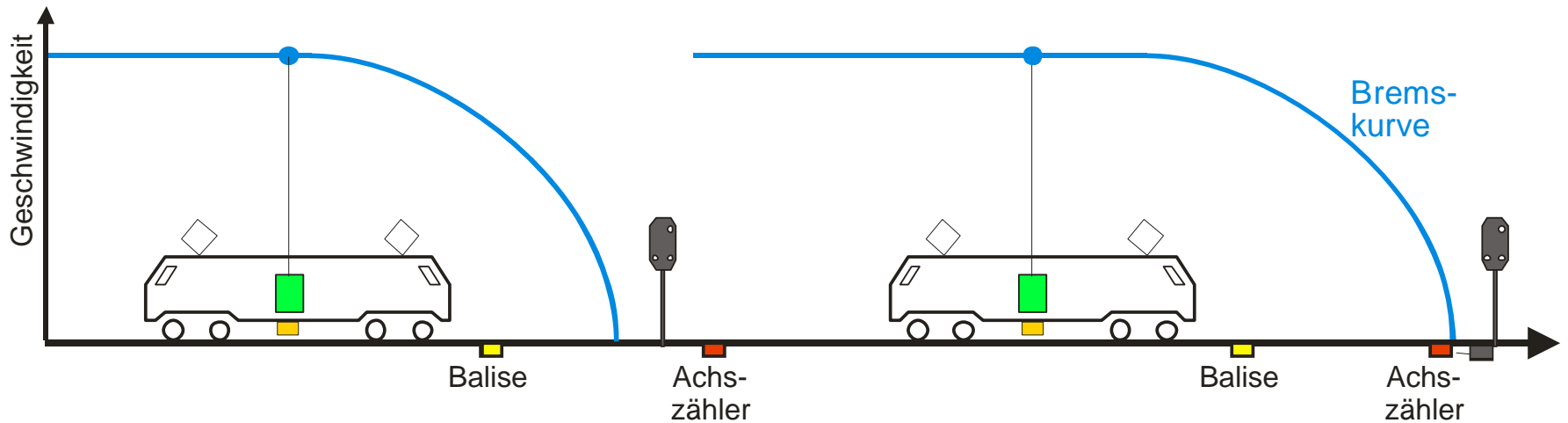
# Ortung – Sicht des Stellwerks



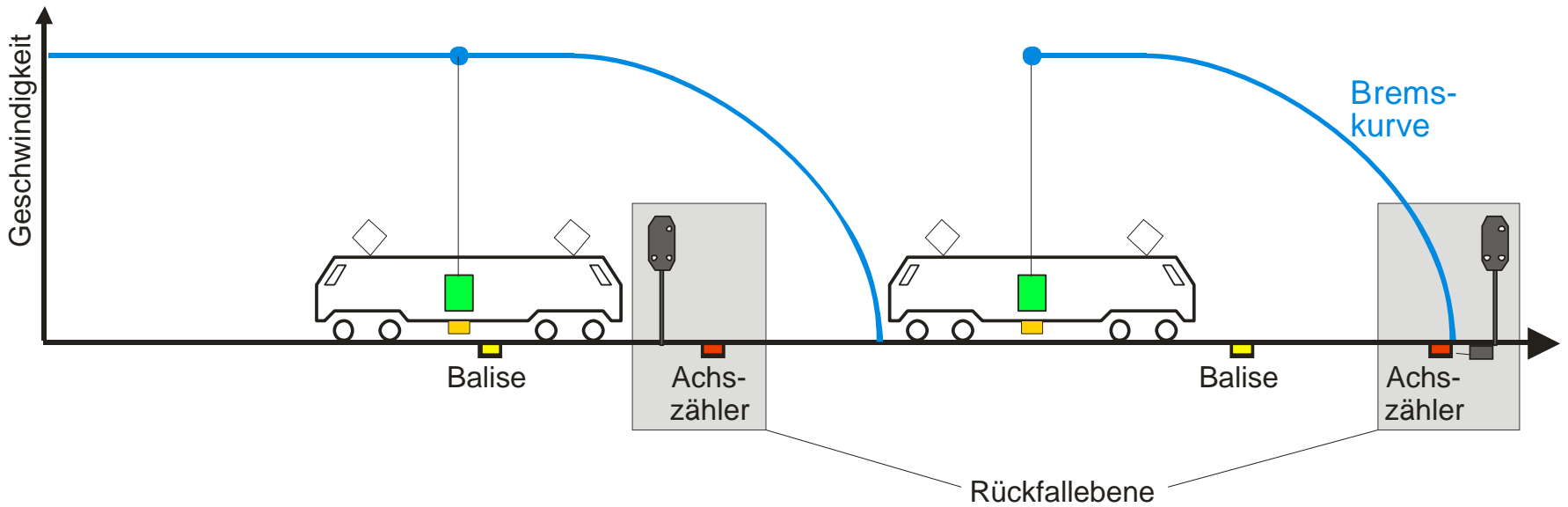
# Ortung – Sicht des Fahrzeugs



# Zugfolgesteuerung – Blockabschnitte



# Zugfolgesteuerung – Absoluter Bremswegabstand







## Stand heute

### Streckenseitige Ortung:

- Achszähler
- Gleisstromkreise

### Fahrzeugseitige Ortung:

- Wegimpulsgeber
- Radar
- Balisen als Referenzpunkte

### Global Navigation Satellite System (GNSS):

- Einsatz nur für nicht sichere Zwecke,  
z. B. für Wartung, Diagnose



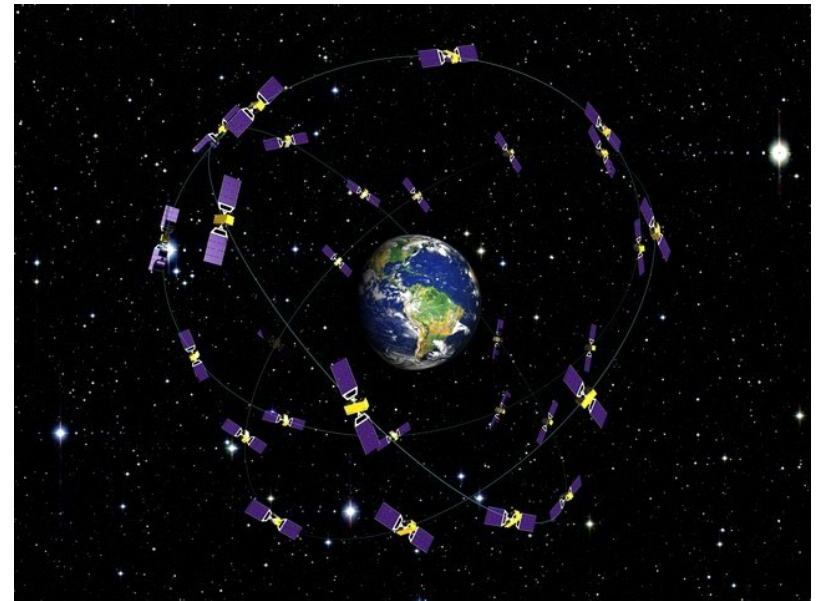




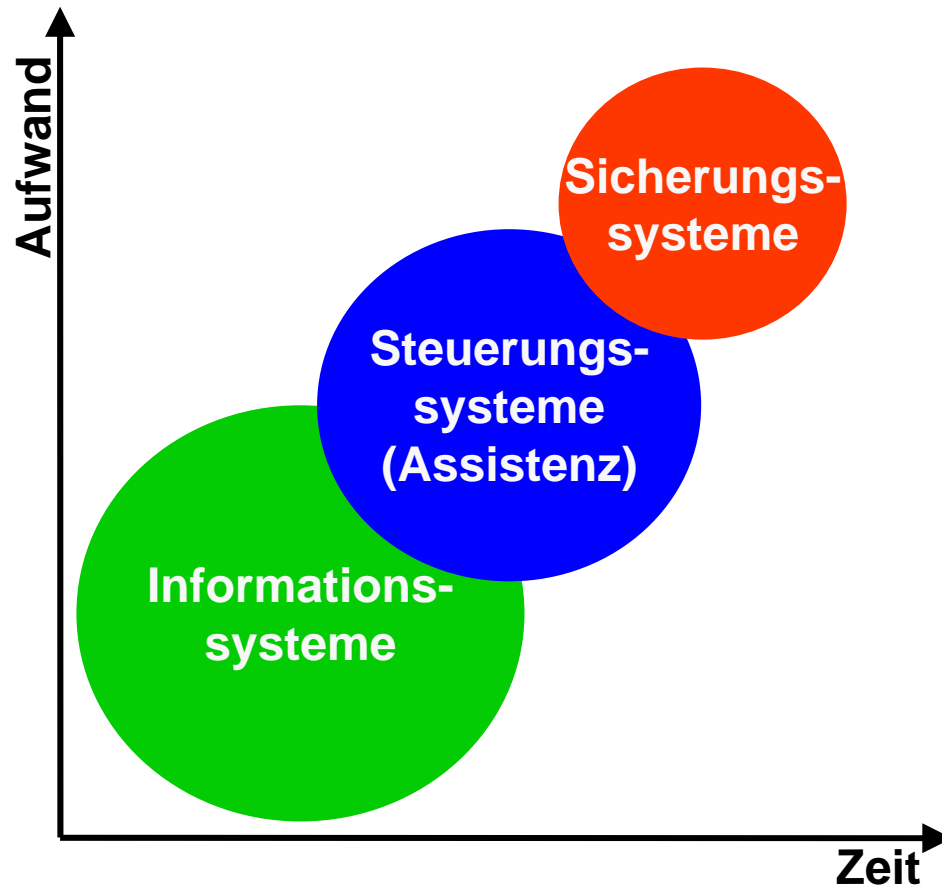
# Vorteile beim Einsatz von GNSS

Kenntnis der kontinuierlichen Position auf der Streckenseite bietet Vorteile:

- Dichtere Zugfolge durch Fahren im Bremswegabstand
- Reduzierte streckenseitige Ausrüstungs- und Instandhaltungskosten
- Bessere Disposition aufgrund der Orts- und Geschwindigkeitsinformation



# GNSS-Anwendungsklassen





# Mögliche GNSS-Anwendungen (Beispiele)

## Sicherungssysteme

- Zugbeeinflussung: Orts- und Geschwindigkeitsbestimmung
- Zugfolgesteuerung: Ortsbestimmung
- Türsteuerung
- Baustellenwarnung

## Steuerungssysteme

- Antriebssteuerung
- Neigezugsteuerung

## Informationssysteme

- Frachtverfolgung
- Reisendeninformation
- Instandhaltungsdatensammlung



# Mögliche GNSS-Anwendungen (Beispiele)

## Sicherungssysteme

- Zugbeeinflussung: Orts- und Geschwindigkeitsbestimmung
- Zugfolgesteuerung: Ortsbestimmung
- Türsteuerung
- Baustellenwarnung

## Steuerungssysteme

- Antriebssteuerung
- Neigezugsteuerung

## Informationssysteme

- Frachtverfolgung
- Reisendeninformation
- Instandhaltungsdatensammlung



# Technische Beispiele zur Realisierung

Problem: Odometrie driftet

- GNSS als überlagertes System zur Genauigkeitssteigerung
- Zusätzliche Referenzpunkte zur Rekalibrierung

Problem: Einschalten mit unbekannter Position

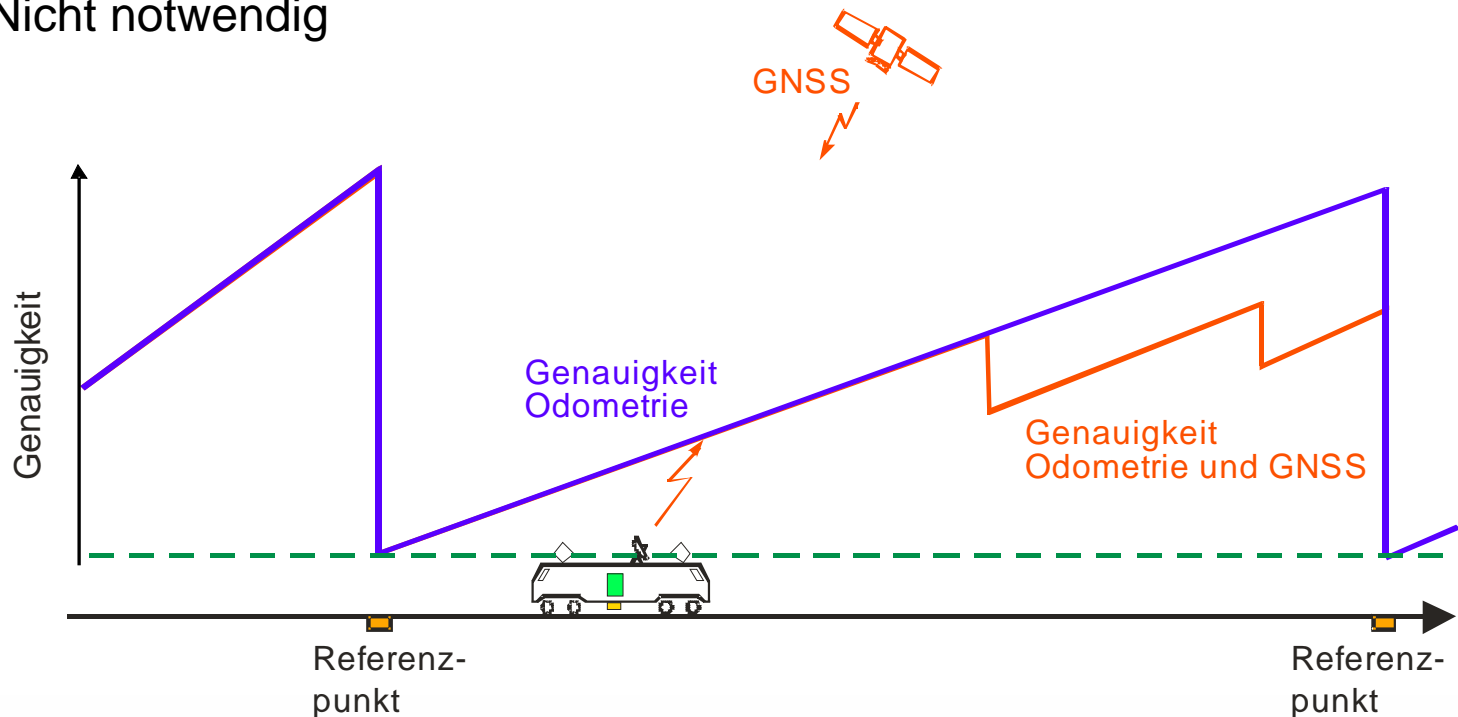
- GNSS und digitale Karte liefern exakte Zugposition



# GNSS-Anwendungen bei der Eisenbahn

## Beispiel 1: Verbesserte Odometrie

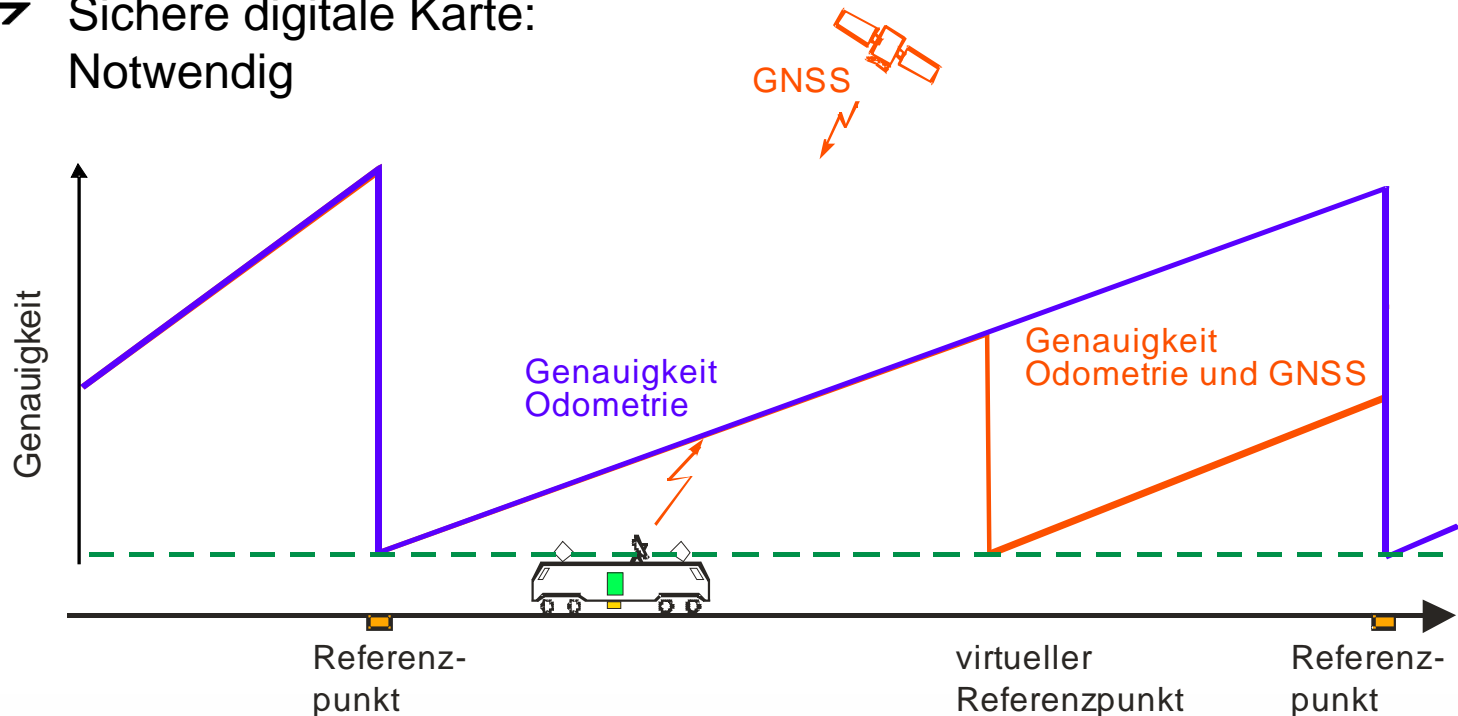
- Funktion:  
Erhöhung der Genauigkeit der Odometrie
- Sichere digitale Karte:  
Nicht notwendig



# GNSS-Anwendungen bei der Eisenbahn

## Beispiel 2: Bestimmung absoluter Positionen

- Funktionen:
  - 1) Erkennen eines definierten Referenzpunktes
  - 2) Rücksetzen der Odometrie auf die Anfangsgenauigkeit
- Sichere digitale Karte:  
Notwendig

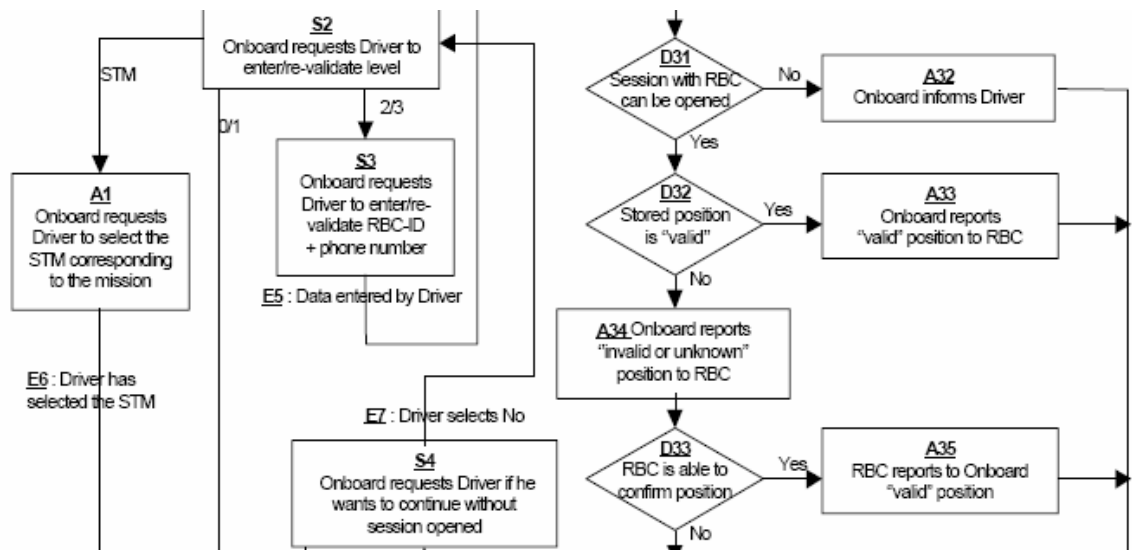




# GNSS-Anwendungen bei der Eisenbahn

## Beispiel 3: Aufstarten eines Zugs

- 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
- Sichere digitale Karte: Notwendig



Quelle: UNISIG ETCS subset 26



# Satellitengestützte Ortung in der Eisenbahnforschung

- Europäische Kommission: Grünbuch zum Satellitennavigationssystem Galileo
- 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





# GRAIL – GNSS-Einführung im Bahnsektor

- Europäisches Forschungsprojekt
- Förderer: Europäische Kommission / GNSS Supervisory Authority (GSA)
  
- Laufzeit: 24 Monate
- Volumen:
  - 6,6 Mio Euro Budget
  - 50 % Förderung
  
- Siemens und DLR als Konsortialpartner beteiligt



# GRAIL – Konsortium



Quelle: GRAIL





## GRAIL – Ziele

- Integration der GNSS-Technologie in das European Train Control System (ETCS)
- Erstellen einer Spezifikation für das GNSS-Subsystem (gemeinsam von Nutzern und Industrie vereinbart)
- Entwickeln und Testen eines Demonstrators
- Erstellen einer Studie über sicherheitskritische Systeme und über die Einführung von GNSS in den Bahnsektor





# GRAIL – Forschungsinhalte

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

### Anwendungen ohne digitale Karte

- Enhanced Odometry (EO):  
Genauigkeitssteigerung der Odometrie durch zusätzlichen Sensor

### Anwendungen mit digitaler Karte

- Absolute Positioning (AP):  
Ortung durch virtuelle Referenzpunkte
- Cold Movement Detection (CMD) und Enhanced Train Awakening (TA):  
Vergleich der letzten Position vor dem Abschalten und der ersten nach dem Einschalten
- Train Integrity (TI):  
Feststellen der Zugvollständigkeit





# GRAIL – aktueller Stand

Abgeschlossen:

- Überblick über mögliche Anwendungen
- Definition sicherheitsrelevanter Anwendungen
- Spezifikation des GNSS-Subsystems

Noch in Bearbeitung:

- Entwicklung eines Demonstrators und Demonstration in Spanien
- Strategie für Einbettung in ETCS
- Untersuchung lokaler Elemente

Geplanter Abschluss:

- Dezember 2007







# Zusammenfassung und Ausblick

- Galileo ist in der Systementwicklung weit fortgeschritten.
- Die Entwicklung sicherheitsrelevanter Anwendungen ist Gegenstand gemeinsamer Forschungsaktivitäten.
- Der Einsatz für sicherheitsrelevante Anwendungen bei der Eisenbahn ist heute bereits in der Diskussion und Entwicklung.
- GNSS ist immer nur Technologie für eine Anwendung.
- GNSS kann helfen, die Eisenbahn effizienter und leistungsfähiger zu machen.





**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**



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

**SIEMENS**