



Entwicklung einer Gefahrenraumfreimeldeanlage zur Kollisionsvermeidung an Bahnübergängen

Dipl.-Ing. Markus Pelz
Institut für Verkehrsführung und Fahrzeugsteuerung, DLR e.V.

Inhalt

- Vorstellung DLR-IFS
- Motivation
- Problembeschreibung
- Kausale Analyse und Sicherheitsschichten
- Technologiestand
- Technologieentwicklung
- Ausblick und Zusammenfassung



Kurzer Lebenslauf

Markus Pelz



- Verkehrsingenieurwesen an der TU Dresden (VIW 99)
 - Vertiefung Verkehrstelematik
 - Professur für Verkehrssicherungstechnik
 - Studien- und Diplomarbeit bei der Scheidt & Bachmann GmbH
- Seit Februar 2005 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am
 - Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)
 - Institut für Verkehrsführung und Fahrzeugsteuerung (FS bald TS)
 - Bereich Bahnsysteme
- Meine Aufgaben
 - Betriebliche Einbindung optischer Sensoren für sicherheitsrelevante Aufgaben im Bahnbereich
 - Alles rund um das Thema Bahnübergang
 - Sicherheitsnachweisführung technischer Systeme
 - Betreuung von Studenten, Promovieren, Veröffentlichungen



Institut für Verkehrsführung und Fahrzeugsteuerung



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

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

Forschungsbereiche

- Luftfahrt
- Raumfahrt
- Energie
- Verkehr

Das DLR in Zahlen

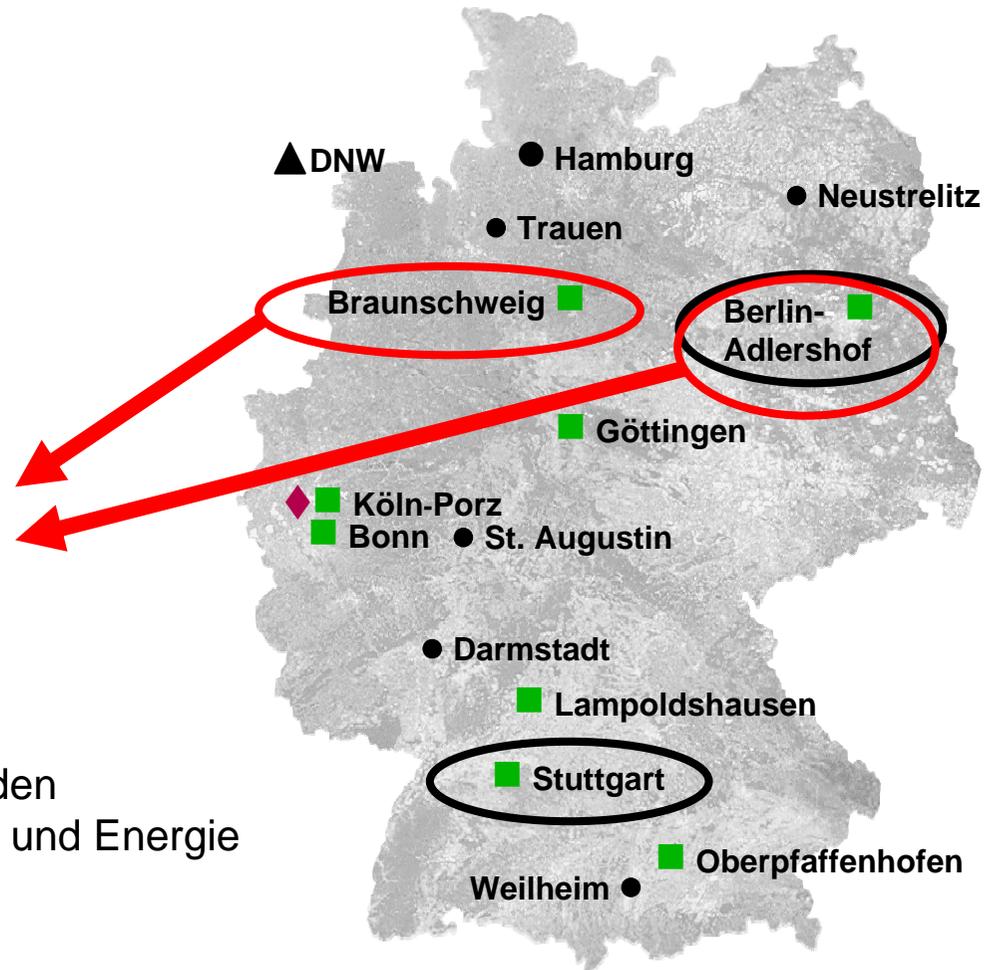
- Gesamtbudget:
 - 2005 1.168 Mio. Euro
 - 2006 1.224 Mio. Euro
- Wissenschaftliche Kompetenz:
über 5.300 MitarbeiterInnen



Schwerpunkt Verkehr

Beteiligte Institute

- Institut für Verkehrsforschung
- Projekt Verkehrsstudien
- **Institut für Verkehrsführung und Fahrzeugsteuerung**
- Institut für Fahrzeugkonzepte
- ... sowie 21 weitere Institute aus den Bereichen Luftfahrt, Raumfahrt und Energie



Institut für Verkehrsführung und Fahrzeugsteuerung

Sitz: Braunschweig, Berlin

Seit: 2001

Leitung: Prof. Dr.-Ing. Karsten Lemmer

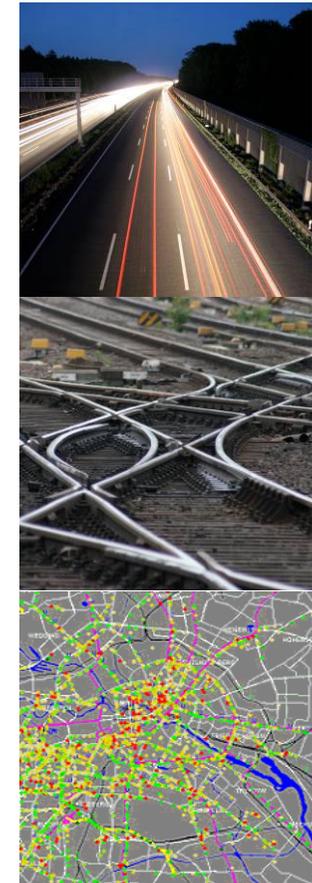
Mitarbeiter: Momentan etwa 100 Mitarbeiter aus
verschiedenen wissenschaftlichen Bereichen

Aufgabenspektrum

- Grundlagenforschung
- Erstellen von Konzepten und Strategien
- Prototypische Entwicklungen

Forschungsgebiete

- Automotive
- Bahnsysteme
- Verkehrsmanagement



Forschungsaktivitäten



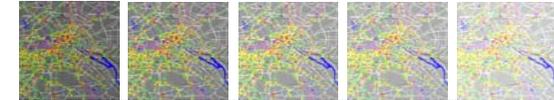
Automotive

- Human Factors
- Konzepte und Technik FAS
 - Ergonomie
 - Technik FAS
- Methoden und Werkzeuge
 - Simulatoren
 - Fahrzeuge
 - Task Force Ortung



Bahnsysteme

- Betriebsführung
 - Betriebswissenschaften
 - Life Cycle Management/Migration
 - Task Force Sicherheit
- Technik
 - Zugbeeinflussung, ETCS, Testen, RailSiTe
 - Stellwerke



Verkehrsmanagement

- Verkehrserfassung
 - Bild- und Signalverarbeitung
 - Floating Car Data
 - Messstrecke
- Verkehrsbeeinflussung
 - Für Katastrophen und Großereignisse
 - Simulation



Bereich Bahnsysteme

Aufgaben / Projekte aus dem Bereich Sicherheit

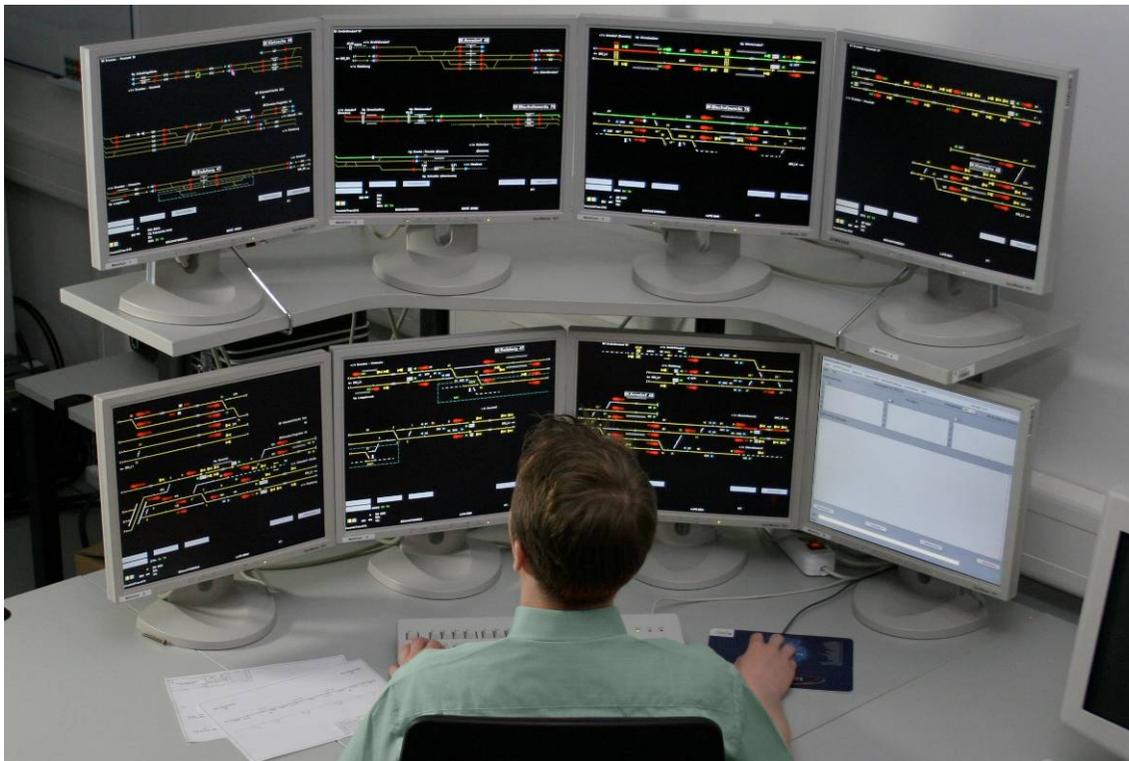
- Analyse Sicherungssysteme mit Fehler, Möglichkeits- und Einflussanalyse (FMEA)
- Identifikation von Unfallursachen mit Why-Because-Analyse (WBA)
- Sicherheitsnachweisführung für Schienenfahrzeuge
- Cross Acceptance von sicherheitsrelevanten Applikationen
- Zertifizierungsrichtlinie für GNSS
- Forschung für eine wirtschaftliche Sicherheitsnachweisführung
- Stellwerkssimulation im RailSiTe



Forschungsinfrastruktur Bereich Bahnsysteme

RailSiTe – Rail Simulation and Testing

Vom Stellwerksbediener...



Forschungsinfrastruktur Bereich Bahnsysteme

RailSiTe – Rail Simulation and Testing

...über Strecke und Zugdynamik...



Forschungsinfrastruktur Bereich Bahnsysteme

RailSiTe – Rail Simulation and Testing

...zum Bahnübergang und...



Forschungsinfrastruktur Bereich Bahnsysteme

RailSiTe – Rail Simulation and Testing

...bis hin zum Triebfahrzeugführer



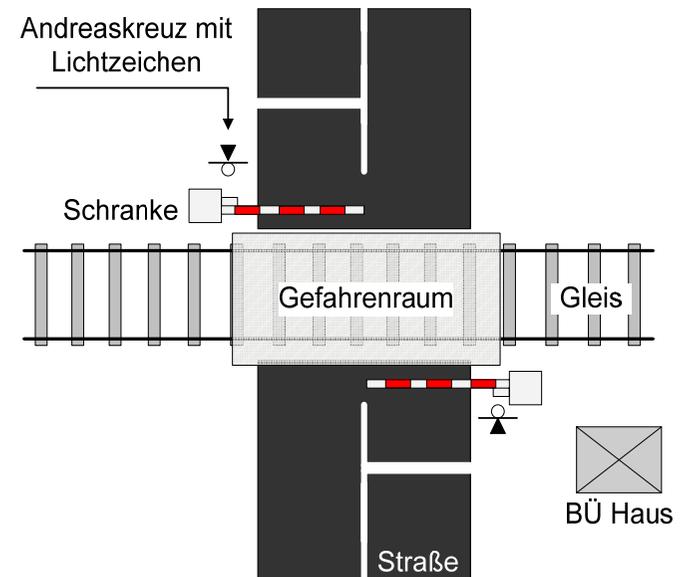
Inhalt

- Vorstellung DLR-IFS
- Motivation
- Problembeschreibung
- Kausale Analyse und Sicherheitsschichten
- Technologiestand
- Technologieentwicklung
- Ausblick und Zusammenfassung



Motivation

- Hohe Stückzahl an Bahnübergängen (BÜ)
 - Nicht technisch gesicherte BÜ
 - Technisch gesicherte BÜ
- Vielzahl von Vorfällen an BÜs
 - Schaden an Material
 - Verletzung / Tod von Menschen
- Viele Unfälle entstehen durch
 - Missachten von Regeln
 - Nicht-Erkennen eines Hindernisses
- **Keine** Gefahrenraumfreimeldung bei
 - Halbschrankenanlagen und/oder
 - Lichtzeichenanlagen



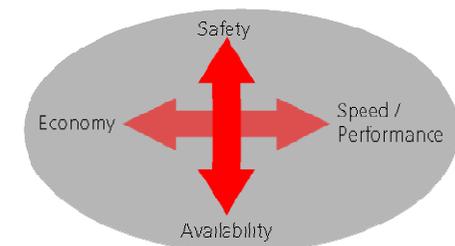
Zielstellung

Aufgaben für die Forschung

- Zukünftige BÜ Sicherungssysteme
 - Im Sinne der Europäischen Harmonisierung
 - Hohe Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit → Redundanz
 - Muss den „rauen“ Gegebenheiten standhalten
„Bei Wind und Wetter“
 - Unterstützung menschlicher / technischer Funktionalitäten
 - Sicherheitstechnik wie heute ↔ bezahlbare Sicherheit

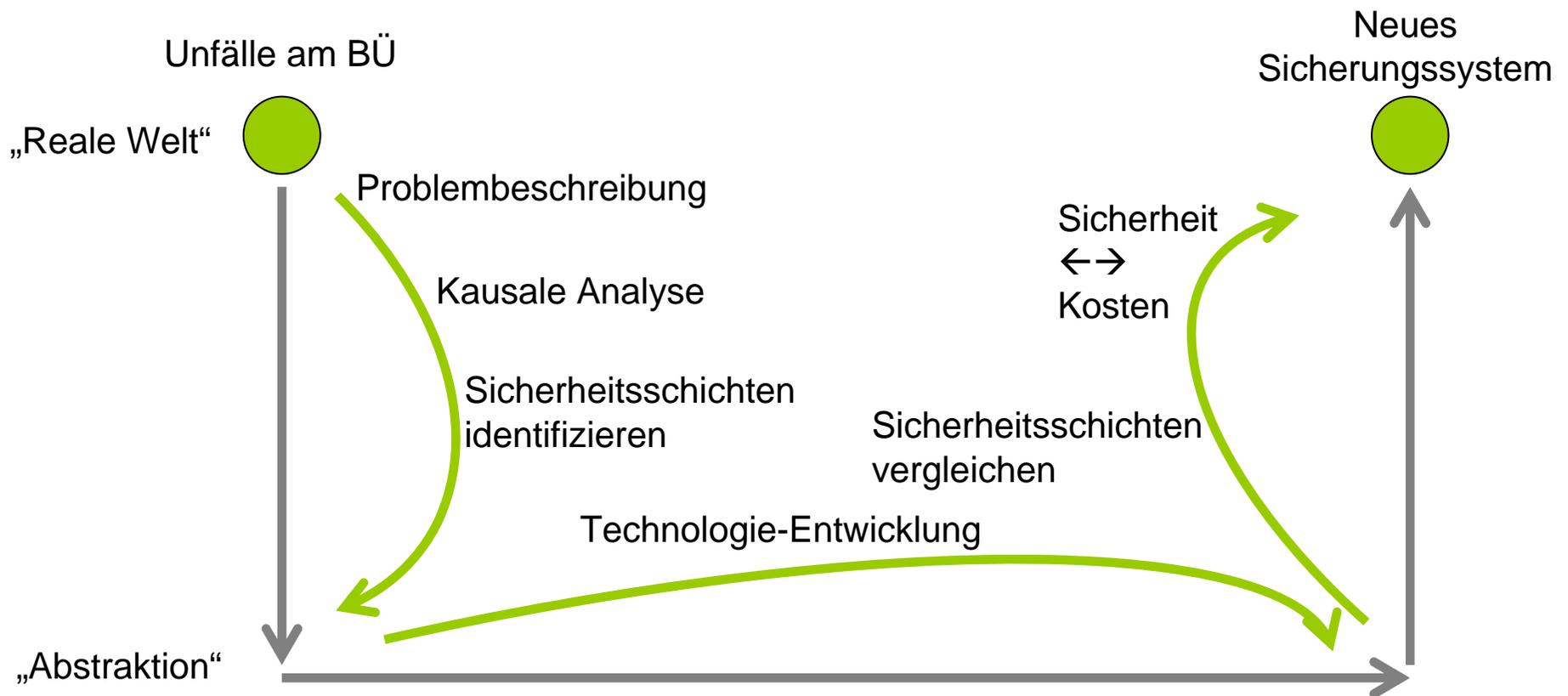
Zielstellung

- Identifikationen von Verbesserungen
 - Für einen höheren Level an Sicherheit, wo benötigt
 - Für einen einfachen Weg der Zulassung, wo benötigt
 - Für bessere betriebliche Eigenschaften
 - Für mehr kosteneffiziente Lösungen



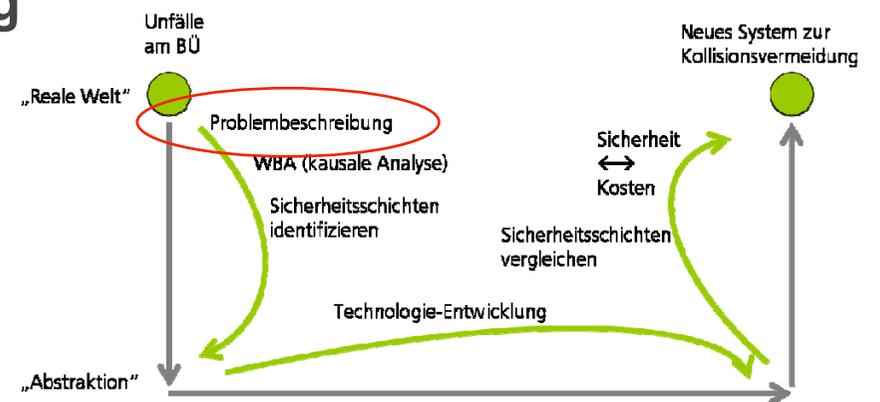
Vorgehen

Entwicklungsphasen





Problembeschreibung



Eigenschaften

Schienenverkehr allgemein

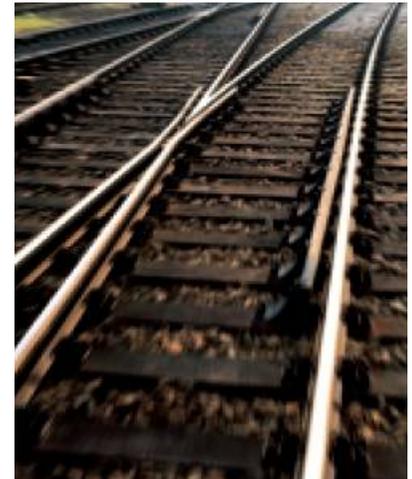
- Bisher keine fahrzeugautarke Ortung und Kollisionsvermeidung
- Ortung der Züge streckenseitig → hohe Wartungskosten

Bahnübergang allgemein

- Geringe Sichtweiten → lange Bremswege, niedrige Streckengeschwindigkeit
- Einschaltung und Freigabe durch Ortung der Schienenfahrzeuge
- Überwiegend keine Ortung oder Detektion anderer Verkehrsteilnehmer im Gefahrenraum

Kollision

- Unterschied → Zusammenstoß und Zusammenprall
- Kollisionen → Schienenfahrzeug gegen Schienenfahrzeug und Schienenfahrzeug gegen Straßenfahrzeug



Ist-Stand

Gefahrenraumüberwachung

Gefahrenraumüberwachung / -freimeldung

- In Deutschland bei Vollschrakenanlagen Pflicht
- Keine Information bei anderen BÜ-Typen

Automatisch

- System von Honeywell
- RADAR
- Sehr teuer

Durch Fahrdienstleiter / Schrankenwärter

- Durch Hinsehen vor Ort
- Durch (Fern-) Beobachten mittels Videoübertragung



Ist-Stand

Überwachungsarten Bahnübergangssicherung

Hauptsignalabhängig überwacht (Hp)

- Einschaltung durch das Stellwerk
- Signalabhängigkeit → BÜ muss gesichert sein
- *Prinzip: stellen - überprüfen – fahren*



Fernüberwachung (Fü)

- Einschaltung durch den Zug
- Überprüfung des Zustandes im Stellwerk → Fdl
- *Prinzip: einschalten - fahren - überprüfen*



Überwachungssignal (ÜS)

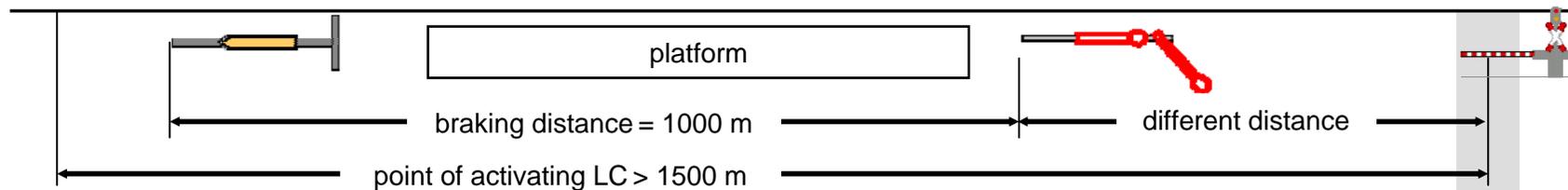
- Einschaltung durch den Zug
- Überprüfung des Zustandes im ÜS → Fahrer
- *Prinzip: fahren – einschalten – überprüfen*



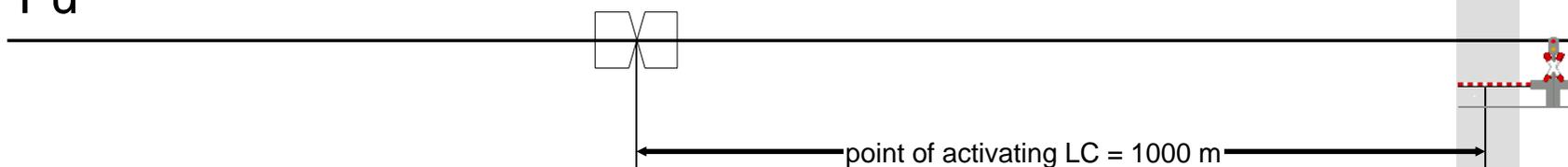
Ist-Stand

Einschaltarten Bahnübergangssicherung bei 120 km/h

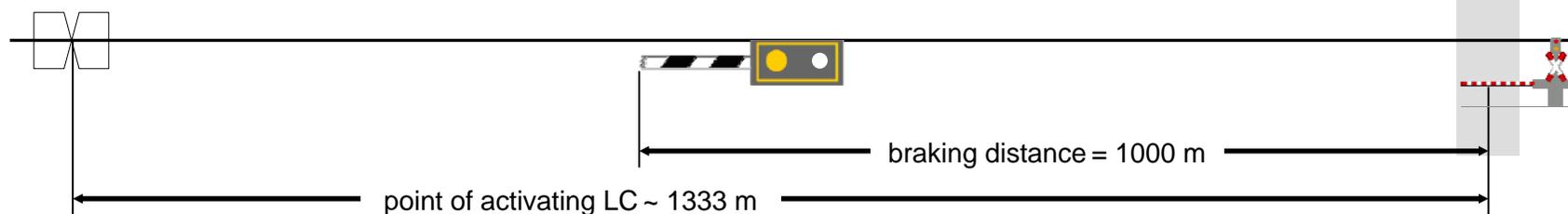
Hp



Fü



ÜS





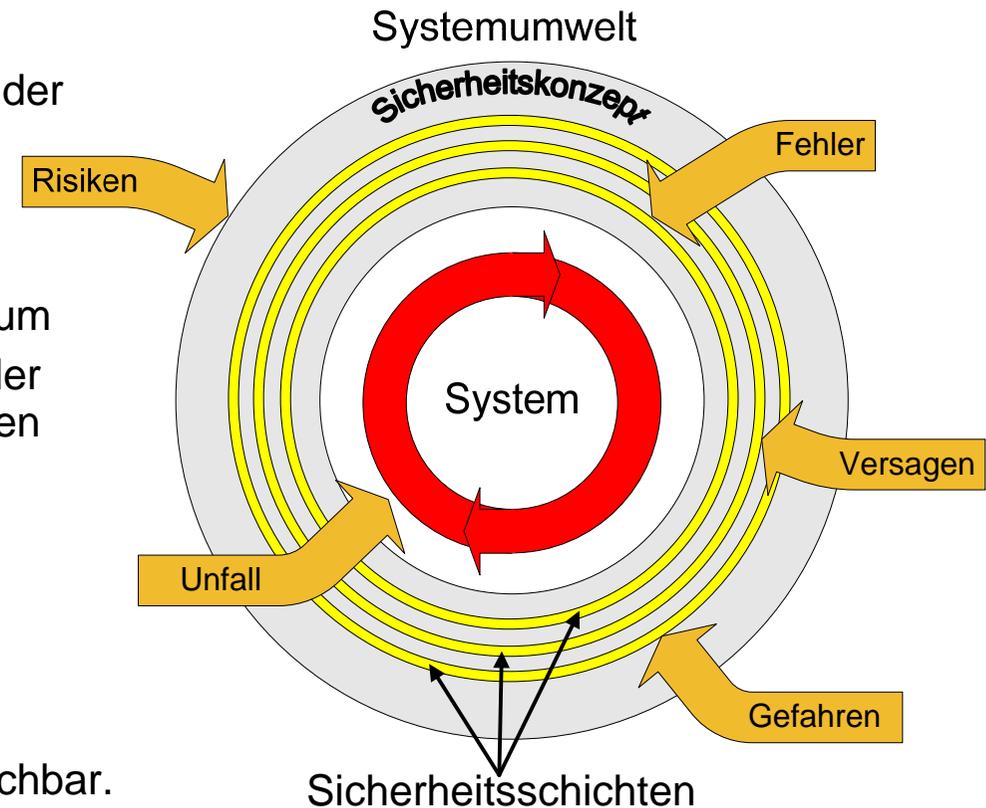
Kausale Analyse des Bahnsystems, Definition Sicherheitsschichten



Sicherheitsschichten

Wahrung der Sicherheit eines Systems

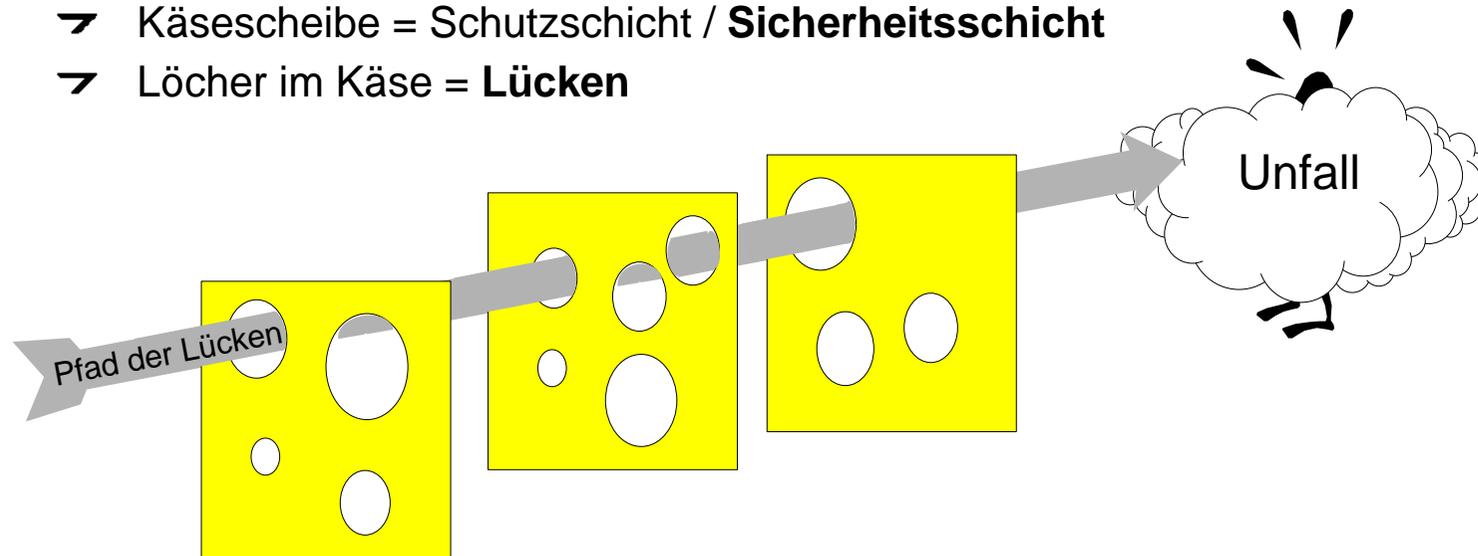
- Jedes System hat ein Sicherheitskonzept zur Wahrung der jeweiligen Sicherheit.
- Sicherheitsschichten existieren zum
 - Schutz des Systems und der ihm ausgesetzten Menschen
 - Mindern der Risiken
 - Abwenden von Gefahren
 - Abfangen von Fehlern
 - Verhindern von Unfällen
- Absolute Sicherheit ist nicht erreichbar.
- Jedes Sicherheitskonzept, jede Sicherheitsschicht hat Lücken.



Schweizer-Käse-Modell

Darstellung der Schichten und ihrer Lücken

- Schweizer-Käse-Modell von James Reason
 - mehr als ein einzelner Fehler, damit es zu einem Unfall kommt
 - Käsescheibe = Schutzschicht / **Sicherheitsschicht**
 - Löcher im Käse = **Lücken**



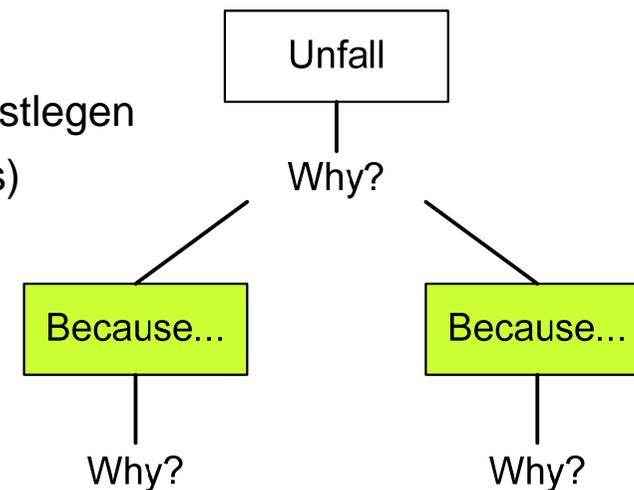
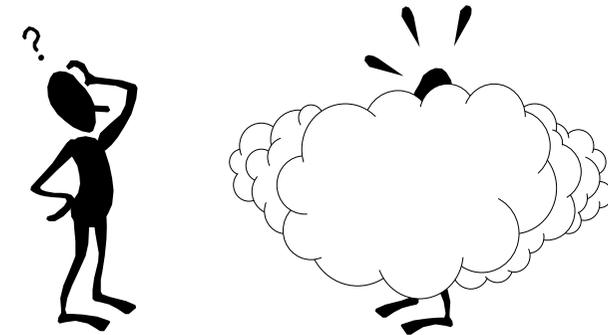
- Pfad der Lücken muss sämtliche Sicherheitsschichten durchstoßen, bevor es zu einem Unfall kommen kann
- Pfad der Lücken zeigt, an welchen Stellen das Sicherheitskonzept Schwachstellen hat



Unfallursachenanalyse

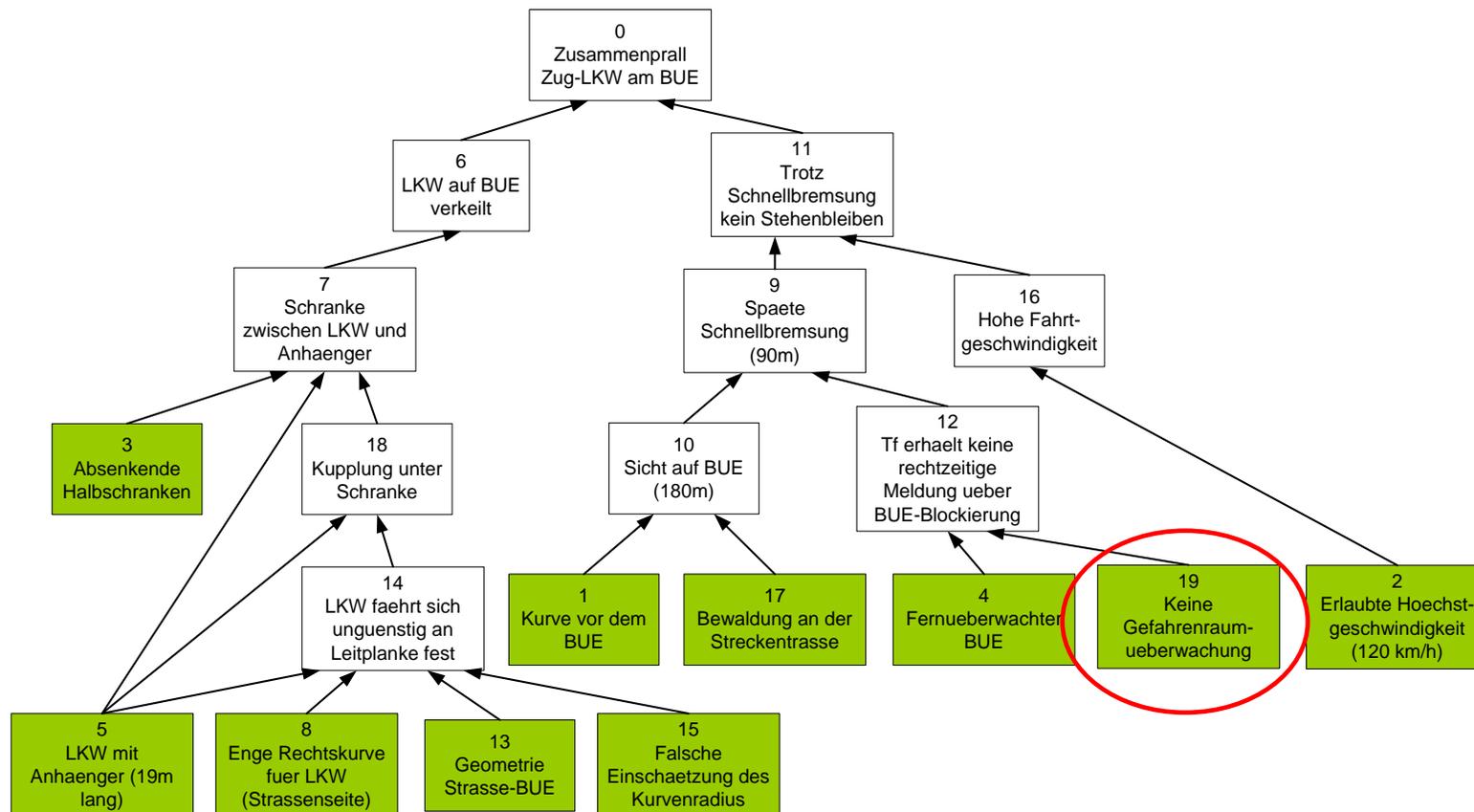
Why-Because-Analyse

- Why-Because-Analyse (WBA)
 - streng kausale Argumentation
 - graphische Darstellung
 - für heterogene Systeme geeignet
 - einfach zu verstehen
- Vorgehensweise WBA
 - zu untersuchendes Ereignis (Unfall) festlegen
 - Fakten zusammenstellen (List of Facts)
 - Why-Because-Graph (WBG) erstellen
 - Vollständigkeit überprüfen



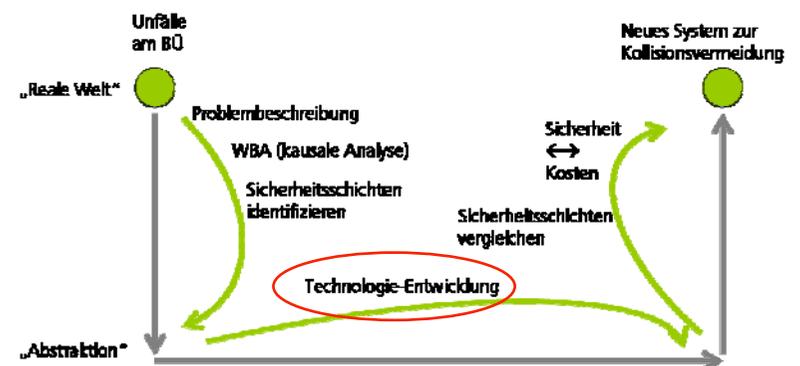
Unfall am Bahnübergang

Why-Because-Graph (WBG) – Grundursachen





Ist-Stand der Technologien



Anforderungen an ein Kollisionsvermeidungssystem

Bahnübergangssicherung

- Reduzierung der Unfallzahlen → 1/3 aller Bahnunfalltoten am BÜ¹
- Verringerung des Schadensausmaß
- Verringerung Wartezeiten → Wegoptimale Anmeldung

Ortung der Schienenfahrzeuge

- Hohe Ortungsgenauigkeit
 - 1 m bei Querrichtung
 - 5 m bei Längsrichtung
- Funktionsfähig trotz Abschattung (z. B. Tunnel, Wald etc.)



¹ Im Jahr 2005 in der EU, laut Eurostat 2007

Ortungssensoren

Ist-Stand heute

Streckenseitig

- Gleisstromkreise
- Achszähler
- Balisen

Fahrzeugseitig

- Wegimpulsgeber / Odometer
- Radar
- Balisenleser
- (GPS)



Anwendungen GNSS bei der Bahn

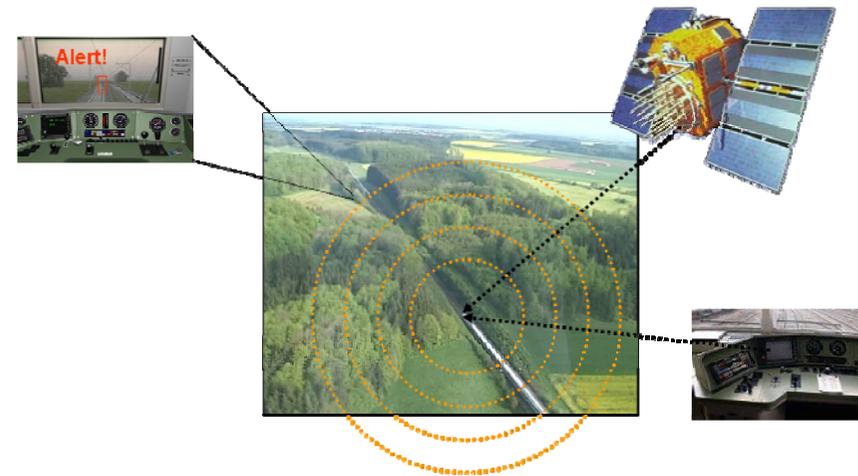
Beispiele Praxis

- Vermessung Oberbau
- Frachtverfolgung
- Etc.



Beispiele Forschung

- Kollisionsvermeidungssystem
- Wegmessung ETCS
- Etc.



Anwendungen Bild gebender Verfahren bei der Bahn

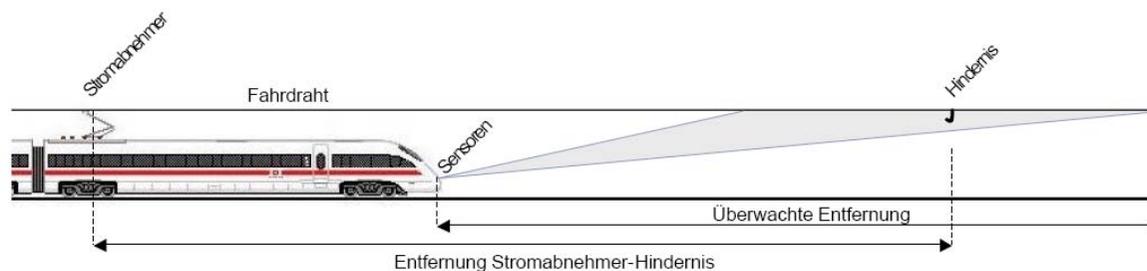
Beispiele Praxis

- Gefahrenraumbeobachtung
- Zugschlussbeobachtung
- Zugabfertigung durch den Fahrer



Beispiele Forschung

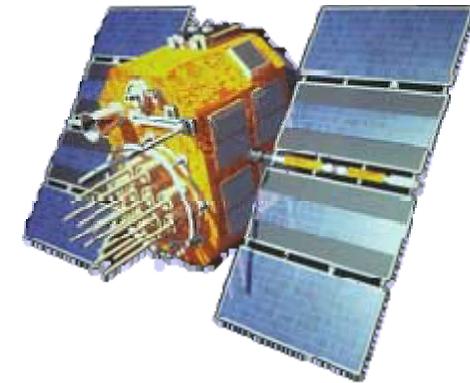
- Oberleitungsbeobachtung
- Hinderniserkennung



Lösungsstrategie

- Kombination verschiedener Sensoren
- Vorhandene und preiswerte Technik nutzen
- Unterstützung herkömmlicher Sicherungstechnik

- Ergänzende Verfahren basierend auf
 - Satellitentechnik
 - Bild gebende Verfahren, Optische Sensoren

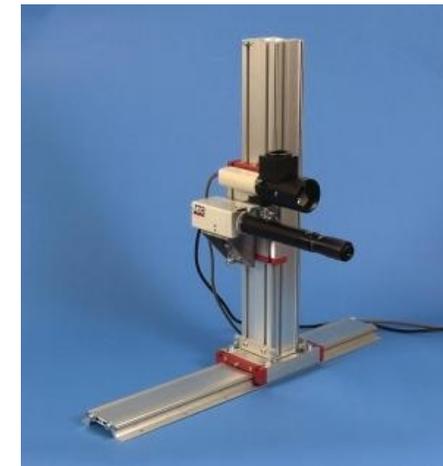


Vorteil von GNSS und optischen Sensoren

- verfügbar, preiswert, vielfach einsetzbar, kombinierbar

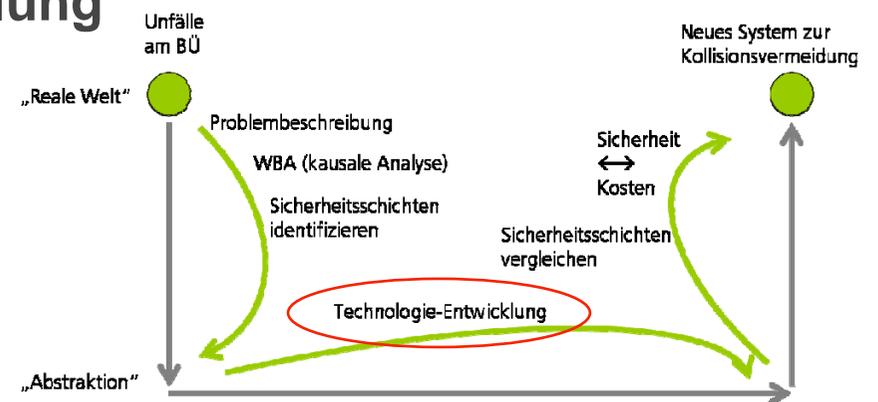
Nachteil von GNSS und optischen Sensoren

- einzelne Sensoren nicht hinreichend zuverlässig / sicher





Technologie-Entwicklung

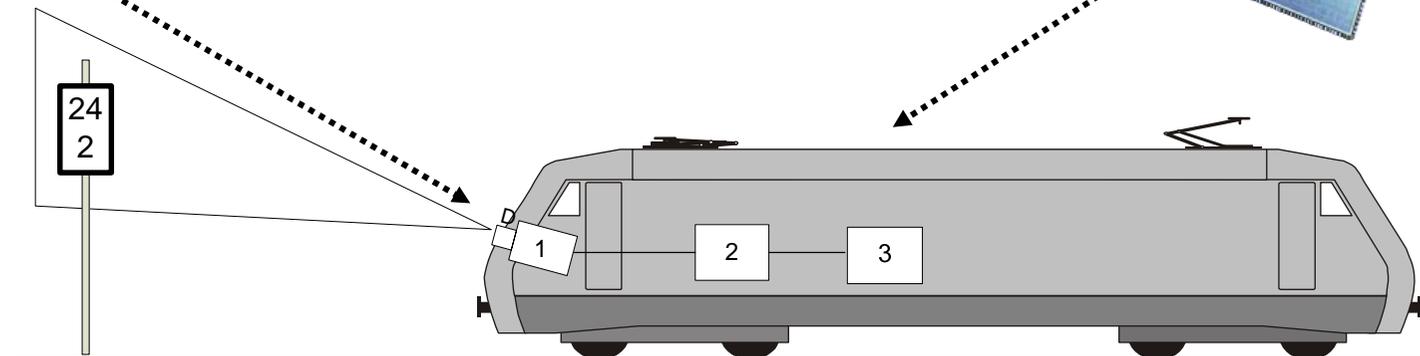
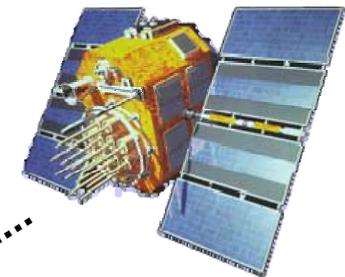
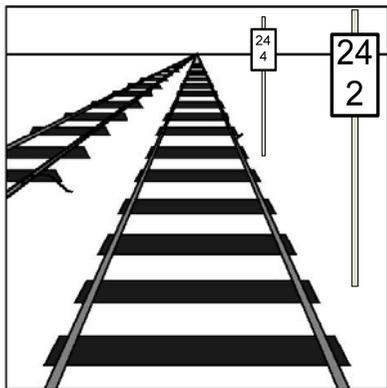


GNSS und optische Sensoren zur Ortung

Sichere und zuverlässige fahrzeugautarke Ortung

Lösung

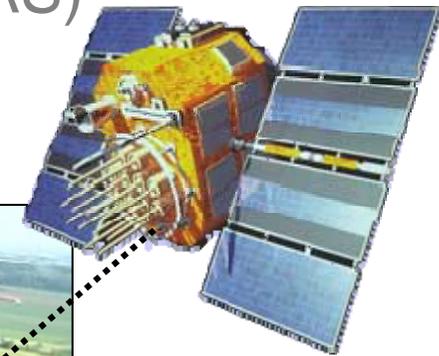
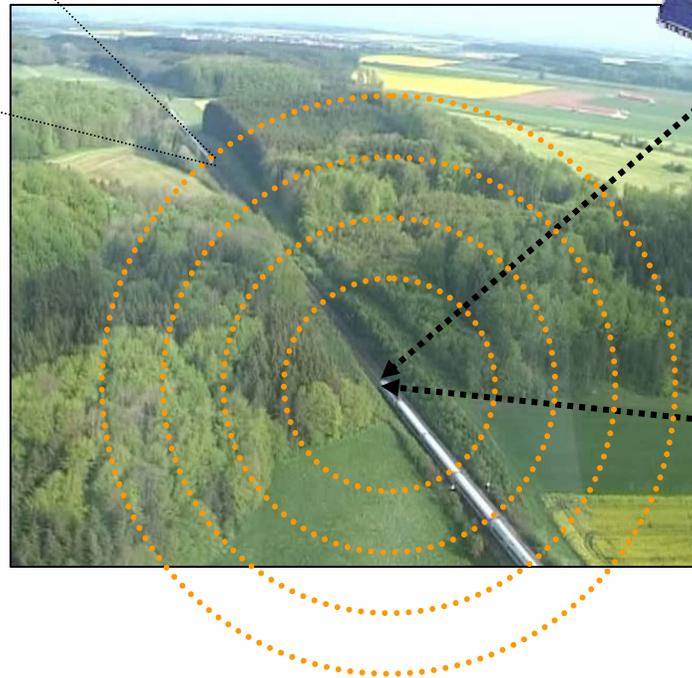
- Sensordatenfusion von GNSS und optischen Sensoren, sowie einer digitalen Karte
 - Gleislängsortung → mit Hektometertafeln
 - Gleisquerortung → durch Gleiserkennung



- 1 optisches Sensorsystem
- 2 Auswertungseinheit mit Bilderkennungsalgorithmus
- 3 Digitaler Streckenatlas

GNSS zur Kollisionsvermeidung

Railway Collision Avoidance System (RCAS)



Beide Züge

- Bestimmen ihre Position und ihren Bewegungsvektor
- Verteilen sie (Broadcast)
- Erkennen drohende Kollisionen
- lösen entsprechende Reaktionen aus

→ Erhöhung der Sicherheit auf Strecken mit manuellem Betrieb und bei Bauzuständen

Optische Sensoren zur Kollisionsvermeidung

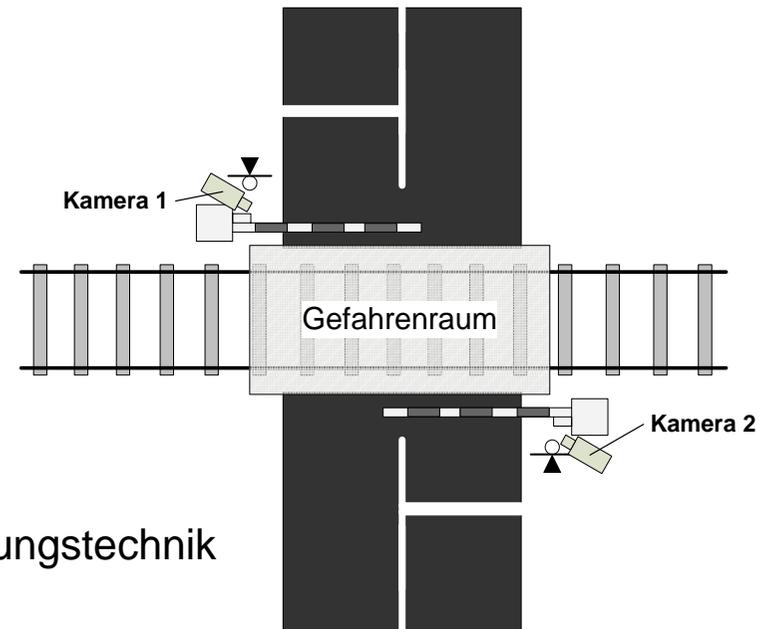
Gefahrenraumüberwachung

Situation

- Bahnübergang gesichert mit
 - Halbschranken,
 - Lichtzeichen und Andreaskreuz
 - **KEINE** Gefahrenraumüberwachung.

Lösungsvorschlag

- Zwei Kamera-System
 - Unterstützung der bestehenden Sicherungstechnik
 - Eine Kamera an jeder Schrankenseite
 - Jedes Kamerasystem verfügt über
 - Sichtbarem Bereich (Video) und
 - Nicht-sichtbarem Bereich (Infrarot)

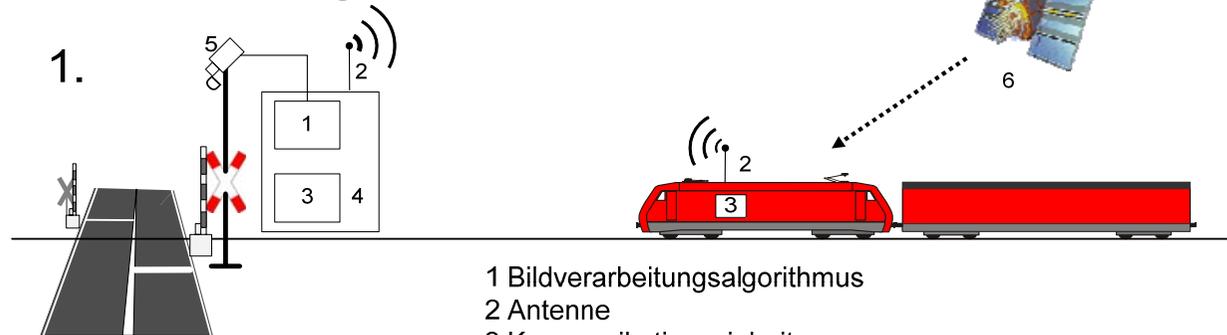


GNSS und optische Sensoren zur Kollisionsvermeidung

Einschaltung und Aktivierung

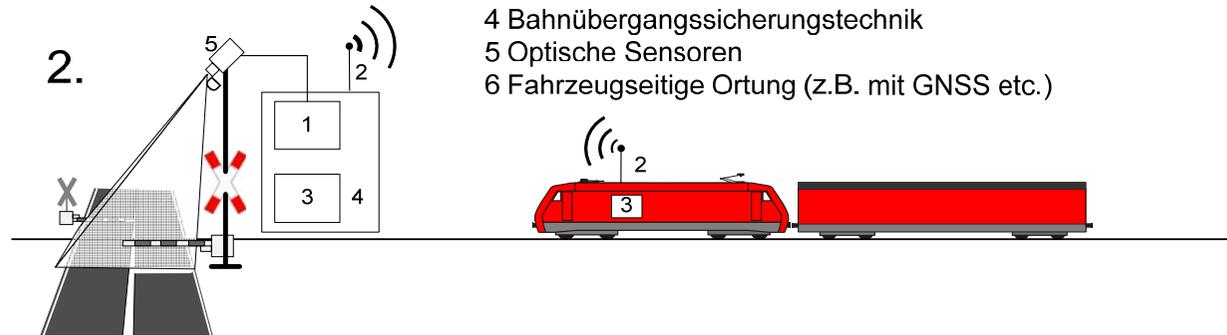
Betriebliche Integration

➤ Einschaltung durch genaue Ortung und Funkübertragung

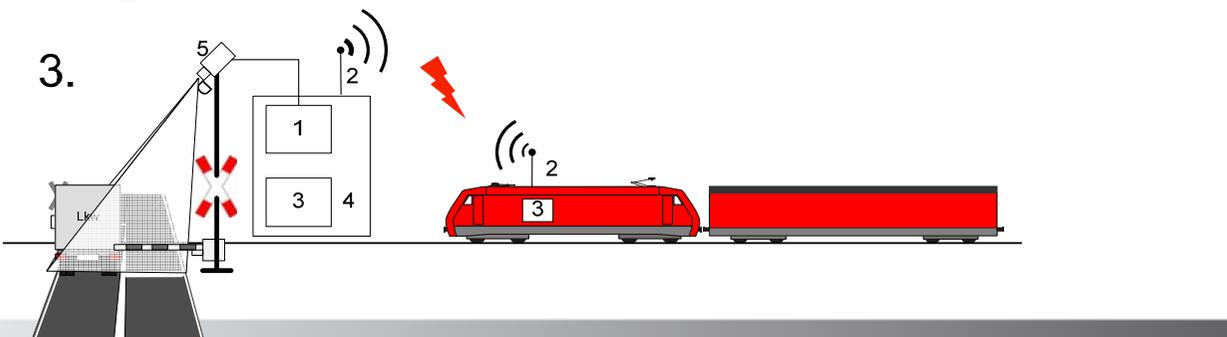


➤ Reduzierte Wartezeit und Akzeptanzsteigerung (Optimierte Einschaltung)

➤ Aktivierte Erkennung von Gegenständen im Gefahrenraum



➤ Warnung oder automatisiertes Bremsen

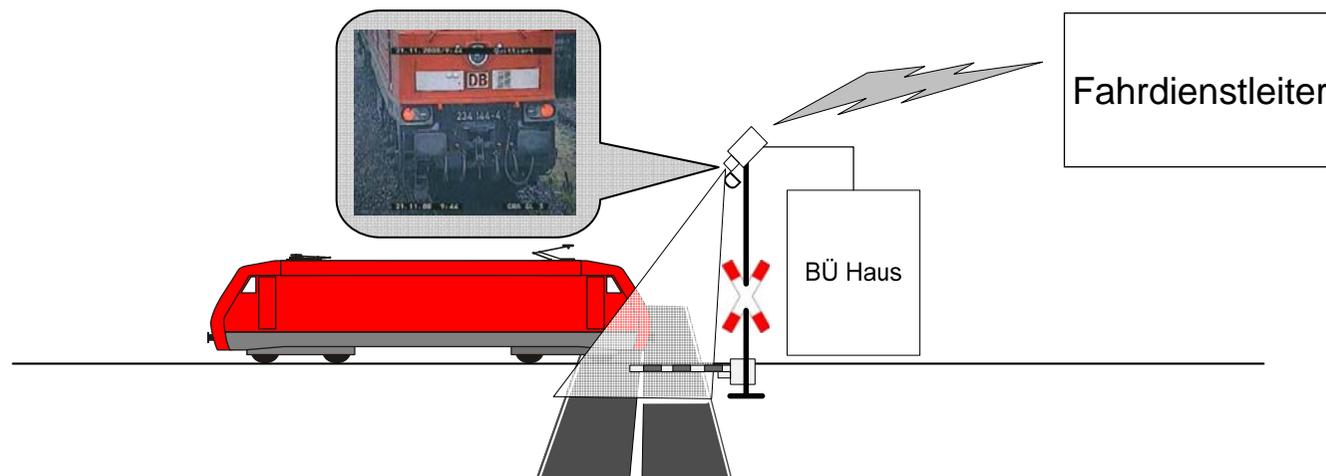


- 1 Bildverarbeitungsalgorithmus
- 2 Antenne
- 3 Kommunikationseinheit
- 4 Bahnübergangssicherungstechnik
- 5 Optische Sensoren
- 6 Fahrzeugseitige Ortung (z.B. mit GNSS etc.)

GNSS und optische Sensoren zur Kollisionsvermeidung

Warnung und Ausschaltung

- Ausgabemöglichkeiten (Warnung)
 - Warnung an Fahrdienstleiter (→ *sehr lange Reaktionszeit*)
 - Warnung an den Triebfahrzeugführer (→ *Human Faktoren, Gewerkschaft etc.*)
 - Automatisches Bremssystem basierend auf RCAS¹ (→ *Sichere Übertragung!*)
- Zugschlusserkennung zur Ausschaltung der BÜ-Sicherungstechnik



¹ Railway Collision Avoidance System

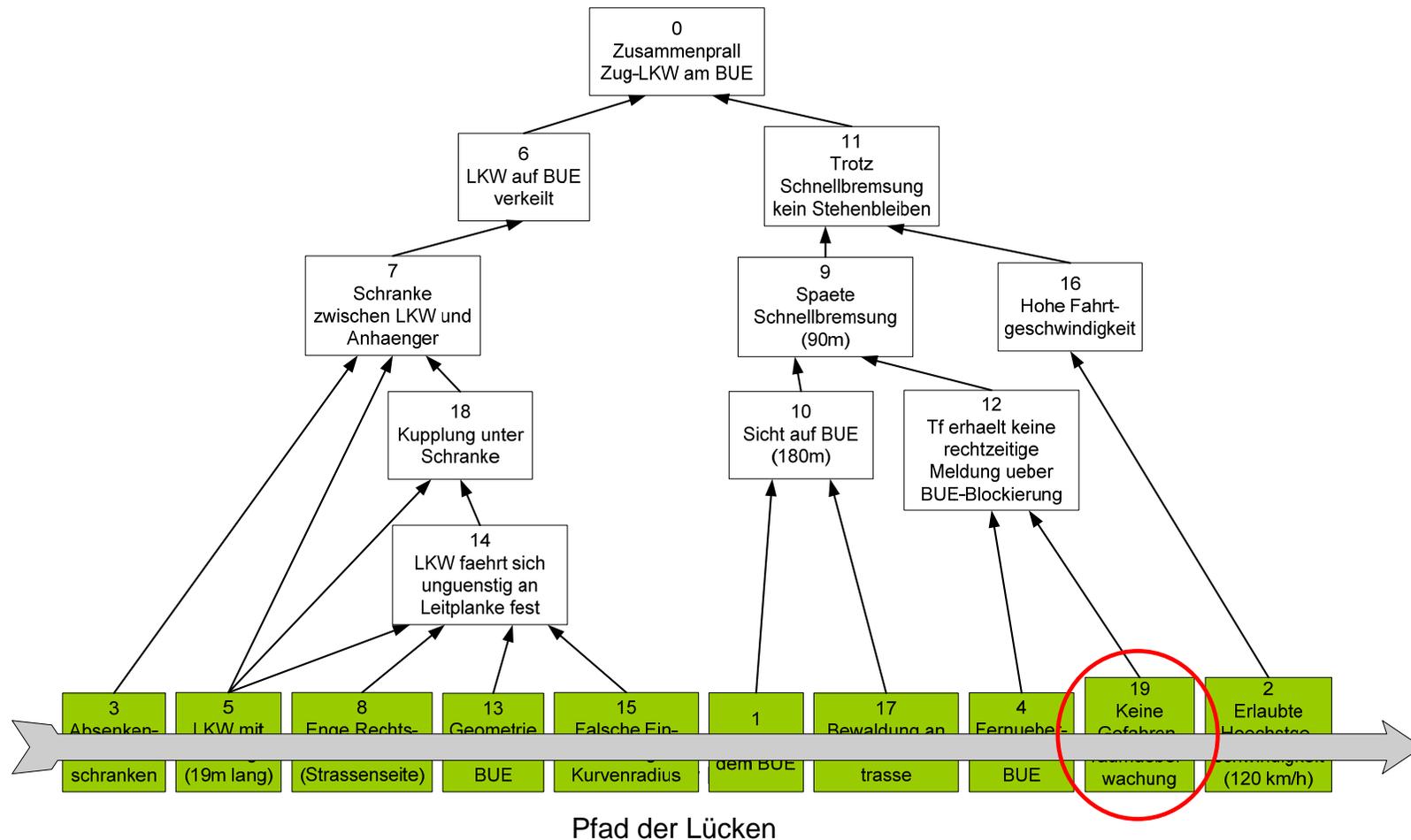


Verifikation



Unfall am Bahnübergang

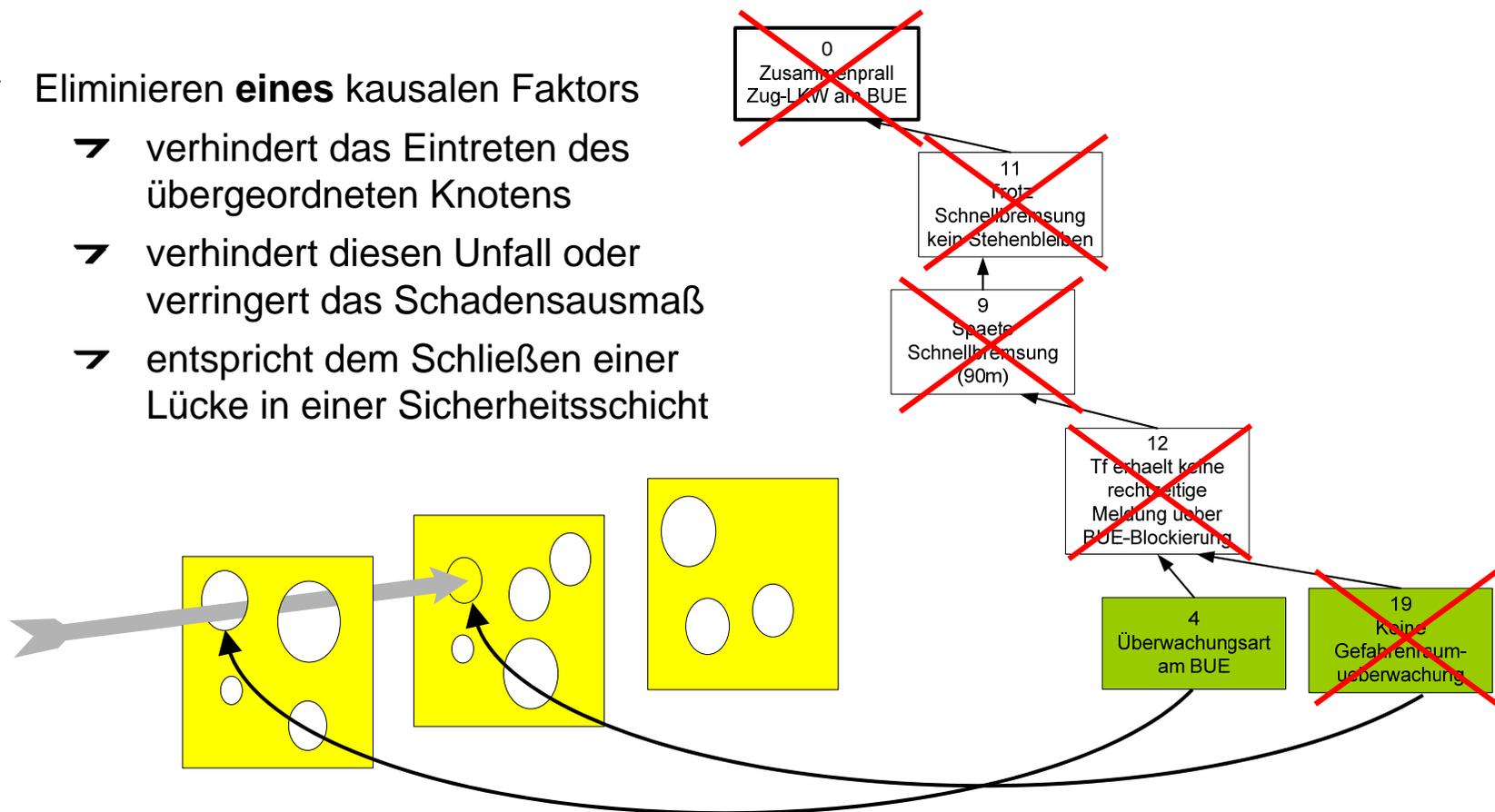
Pfad der Lücken



Unfall am Bahnübergang

Grundursachen – Sicherheitsschichten

- Eliminieren **eines** kausalen Faktors
 - verhindert das Eintreten des übergeordneten Knotens
 - verhindert diesen Unfall oder verringert das Schadensausmaß
 - entspricht dem Schließen einer Lücke in einer Sicherheitsschicht





Ausblick und Zusammenfassung



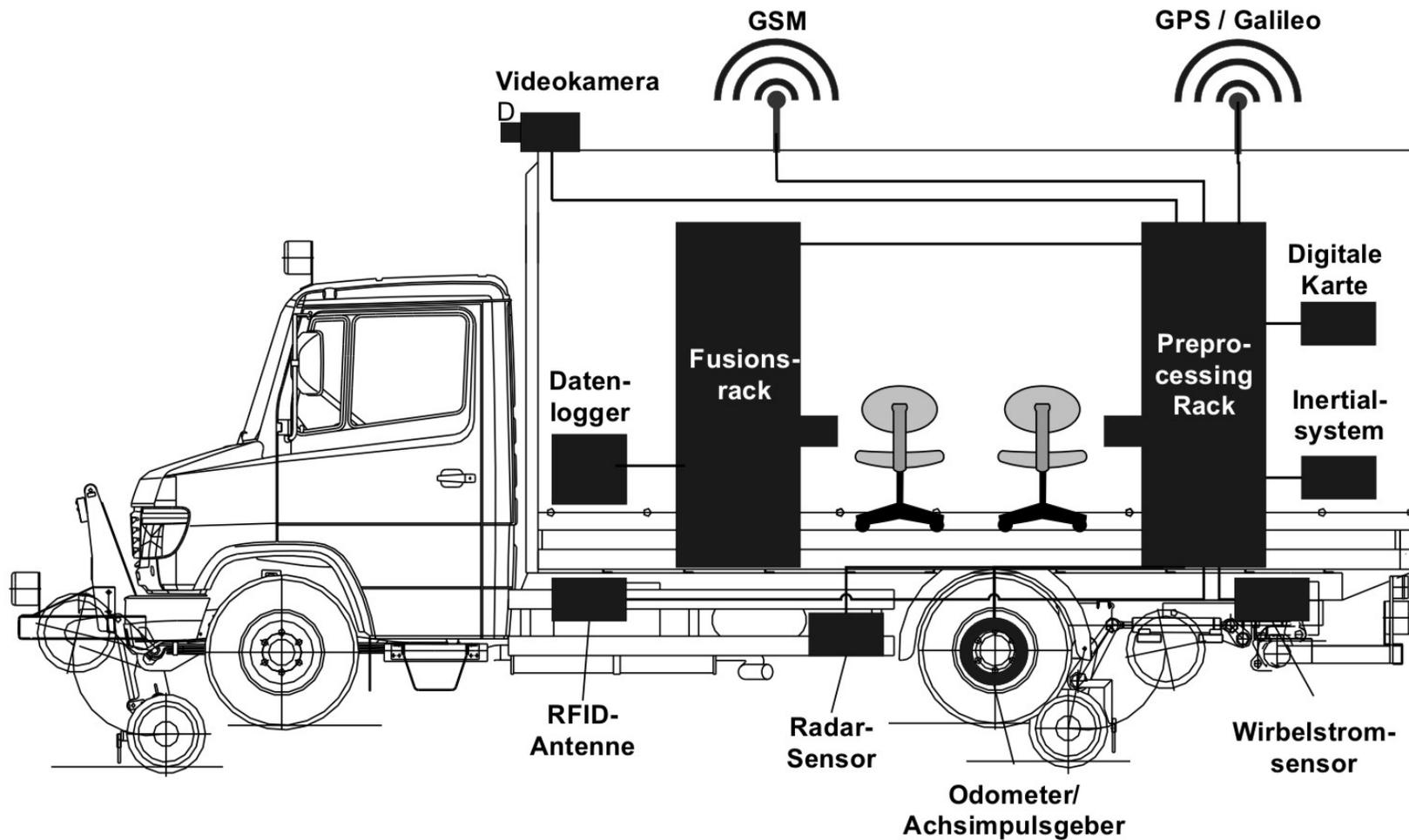
Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

Ausblick

- Aufstellen von Betriebsszenarien inkl. Rückfallebenen
- Messkampagnen und Entwicklung der Technik
- Vergabe von Studien- und Diplomarbeiten und Praktikumsstellen (siehe Angebote)
- Kontakte zu Herstellern und Anwendern weiter ausbauen
- Benötigte Demonstratoren
 - Kamerasensoren am Bahnübergang
 - Kamerasensoren an Bord eines Zuges
 - Bahnübergang vom RailSiTe
 - RailDrIVE®

RailDrIVE®

Demonstrator für Ortung



Zusammenfassung



- Das Eisenbahnsystem ist eines der sichersten Verkehrssysteme.
- Absolute Sicherheit ist nicht möglich.
- Verbesserung gegenüber dem Ist-Stand ist stets möglich.

- GNSS wird im Bahnbereich zukünftig auch für sicherheitsrelevante Aufgaben eingesetzt.
- Optische Sensoren können sicherheitsrelevante Aufgaben unterstützen.
- Mit einem Sensorverbund aus GNSS und optischen Sensoren werden
 - Techniken und Verfahren sicherer und zuverlässiger → Redundanz
 - Fahrzeugautarke Ortung umsetzbar
 - Kosten eingespart

- Für optimale Forschung wird eine Demonstrationsplattform benötigt, um ein realistisches Testumfeld zu erhalten.
- Ergebnisse aus ersten Tests werden weitere Ansätze identifizieren.

Vielen Dank für Eure Aufmerksamkeit!



Kontakt: Dipl.-Ing. Markus Pelz, E-Mail: markus.pelz@dlr.de, Tel.: +49 531 295 3483

oder im Internet: www.dlr.de/fs

! ab dem 1.1.08 heißen wir Institut für Verkehrssystemtechnik !