7 JAHRE

ETR

EISENBAHNTECHNISCHE RUNDSCHAU

STREIFLICHT

Bahn 4.0 Sensoren etc.

DVV Media Group

kiekert

Arn. Kiekert Söhne

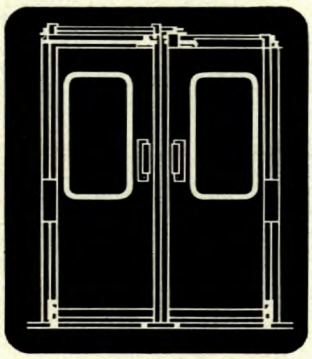
5628 Heiligenhaus · Bez. Düsseldorf
Kettwiger Straße 12–24
Telefon (02126) 15–1 · Telex 8516859

Bauteile für Automobil-Produktion und sonstigen Industriebedarf

Schlösser, Verschlüsse für Motorhauben und Kofferraum, Griffgarnituren, Schließzylinder, Beschläge und Bauelemente, Fensterkurbeln u. a. m. für die Autoindustrie.

Druckgußteile und montierte Bauelemente, z. B. Verschlüsse für Waschmaschinen, für sonstigen Industriebedarf. Kunststoffveredlung, Galvanisierung in Chrom, Kupfer, Nickel.

Automatische Türsysteme



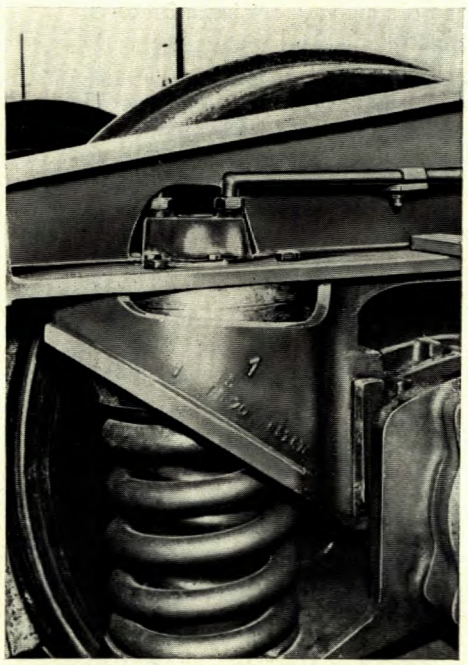
für Schienenfahrzeuge, S-/U-Bahn, Reisezüge, Busse und Aufzüge mit pneumatischen und elektrischen Antrieben, Sicherheitsschaltungen, Kunststoffgeschäumte Leichtmetallausführung.

Hoher Entwicklungs- und Fertigungsstandard, Zulieferung für bedeutende Automobil- und Gerätehersteller Europas sowie für bekannte Verkehrssysteme, München, Berlin, Mailand u. a. m.

WABCO erhält Aufträge über 16 000 Lastsensoren

WABCO Westinghouse S. A., das französische Mitglied der Gruppe, hat Aufträge über 16 000 Lastsensoren erhalten, mit denen Güterwagen der Französischen Staatsbahnen (SNCF) und von Intercontainer ausgerüstet werden sollen.

Lastsensoren werden verwendet, um stufenlos arbeitende leer/beladen-Meßvorrichtungen zu steuern. Sie geben ein pneumatisches Signal ab, das der beförderten Massen proportional ist und nicht durch Änderungen im Federungssystem des Fahrzeuges verfälscht werden kann.



Lastsensor zwischen Schraubenfeder und Drehgestell

Die Sensoren werden an jedem Drehgestell zwischen Schraubenfeder und Drehgestell montiert (Bild). Sie arbeiten mit hoher Genauigkeit und können bis zu 140 km/h eingesetzt werden. Selbstverständlich erfüllen sie die UIC-Bedingungen für den SS-Verkehr.

Alle SS-Standardgüterwagen für die SNCF, die französische Post (PTT), Intercontainer und Interfrigo sind mit den WABCO-Lastsensoren ausgerüstet. Die neuen Aufträge sehen den Einsatz von 7 000 SNCF-Güterwagen und 1 000 Intercontainer-Flachwagen vor. (2813/–)

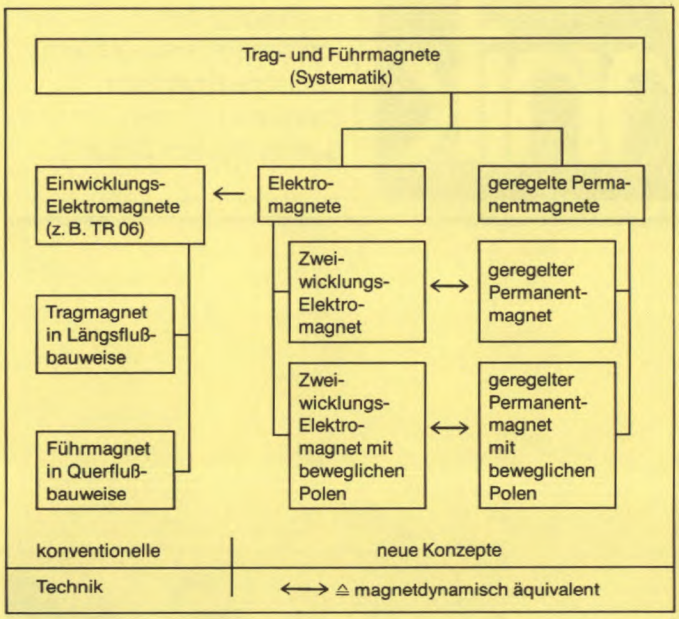
Quelle: WABCO Westinghouse, B-1160 Brüssel/Belgien

Sieben Containerkrane für Südafrika mit Siemens-Technik

Die Republik Südafrika will bis Ende kommenden Jahres die Häfen von Kapstadt, Port Elizabeth und Durban für den Containerumschlag ausbauen. Die Südafrikanischen Staatsbahnen – als Betreiber dieser Häfen – haben dazu sieben Containerkrane für Seehafen-Terminals in Auftrag gegeben. Die elektrische Ausrüstung dazu im Wert von 10 Millionen DM wird die Siemens AG liefern. Zum selben Termin ist vorgesehen, in den größeren Städten entlang dem Eisenbahnnetz Binnenland-Terminals zu errichten. Insgesamt sollen 20 Krane – darunter auch Stapelkrane – bestellt werden.

Dem erwarteten großen Umfang des Umschlags entsprechend werden die Krananlagen Gleichstromantriebe mit elektronischer Regelung erhalten. Sie sind damit auch dafür vorbereitet, später mit Rechnern ausgerüstet zu werden. Denn von einer bestimmten Umschlagkapazität an ist es nur so wirtschaftlich möglich, die Container nach Schiffahrtslinien und Zielhäfen zu sortieren. Der afrikanische Kontinent war bisher noch nicht an den internationalen Containerverkehr angeschlossen. (3101/2878)

Quelle: Siemens AG, 8 München 1



Neue Magnetkonzepte für die Magnetfahrtechnik

Allgemeine Anforderungen:

Das Trag- und Führsystem moderner Magnetbahnkonzepte besteht aus einer Anordnung von Elektromagneten, deren anziehende, magnetische Kräfte auf die Funktionsflächen des Fahrwegs wirken und dadurch den Schwebevorgang ermöglichen.

Die Magnete sind gruppenweise über Feder-/Dämpferelemente mit Schwebegestellen verbunden. Auf dieser „Sekundärfederungsebene" stützt sich die Fahrzeugzelle über Luftfedern ab (Bild 1).

Die einzelnen Magnete haben folgende, für die Magnetfahrtechnik äußerst wichtigen Funktionen wahrzunehmen:

▷ Bereitstellung der anteiligen Trag- und Führkräfte

▷ Gewährleistung der Berührungsfreiheit zwischen Magnet und Funktionsfläche bei allen Betriebszuständen und Fahrgeschwindigkeiten auch unter dem Einfluß von Fahrwegstörungen und Fahrzeugkräften wie Seitenbeschleunigung und Windlast

▷ Eigenüberwachung der Funktionen und ggf. selbstätiges Abschalten bei Störung in einen für den Fahrbetrieb ungefährlichen und sicheren Zustand.

Die in der Langstarttechnik eingesetzten Längsflußmagnete (Bild 2) bestehen aus geblechten Eisenkernen mit mehreren Magnetpolen, die jeweils mit elektrischen Wicklungen versehen sind. Ströme in den Wicklungen verursachen im Eisenkreis magnetische Flüsse. Damit verbunden sind anziehende, elektromagnetische Kräfte, die zwischen Magnetpol und Magnetankerschiene wirken.

Elektromagnete sind ungeregelt, in ihrem Verhalten instabil. Abhängig vom Ausgangszustand kommt es zum Anklatschen oder Abfallen des Magneten.

Um den für die Magnetfahrtechnik erforderlichen Schwebespalt einzustellen, muß ein geeignetes Meß- und Regelungssystem mit entsprechenden Stellgliedern eingesetzt werden.

Die Spalt- resp. Kraftregelung des Magneten erfolgt letztlich über den Spulenstrom:

▷ auf eine Spaltabweichung in Richtung *kleiner Spalt* muß eine Rücknahme des Magnetstromes erfolgen. Die erforderlichen Rückstellkräfte liefern hauptsächlich die vorgespannten Federelemente zwischen Schwebegestell und Magnet.

▷ Auf eine Spaltabweichung in Richtung *Spaltvergrößerung* muß eine Anhebung des Magnetstromes erfolgen, bis der Schwebespalt seinen Nennwert von ca. 10 mm wieder erreicht hat.

Bei modernen Magnetbahnkonzepten hat sich das dezentrale Magnetregelungssystem bewährt, bei dem jeder Magnet autonom und unabhängig vom Nachbarmagneten seine Aufgaben erfüllt. Diese Arbeitsweise setzt allerdings voraus, daß jeder einzelne Magnet mit allen hierzu erforderlichen Komponenten ausgerüstet ist:

▷ Sensoren (Spalt und Beschleunigung)

▷ Regler

▷ Magnetstromsteller

▷ Einrichtung für Überwachung und Abschaltung

▷ interne Strom-/Spannungsversorgung.

Im übertragenen Sinn arbeiten die Magnete wie völlig voneinander entkoppelte Räder, was zu der Bezeichnung „magnetisches Rad" für den autonom geregelten Einzelmagneten geführt hat.

Magnetregelung:

Die Anforderungen an die Magnetregelung sind einfach, solange der Sollspalt von äußeren Einflüssen unbeeinflußt bleibt – wie z. B. bei Fahrzeugstillstand und unelastischem Fahrweg.

Durch die Fortbewegung der Magnete wird der Luftspalt zwischen den Magnetpolen und den Funktionsflächen infolge unvermeidbarer Fahrwegwelligkeiten ständig verändert, was Abweichungen vom Sollspalt bewirkt und die beständige Nachführung der Magnete erforderlich macht. Hierbei steigen die Anforderungen an die Magnetregelung mit zunehmender Fahrwegwelligkeit und Fahrgeschwindigkeit: die Spaltstörungen müssen ständig schneller ausgeregelt werden.

Die hohe erforderliche Stellbeschleunigung der Magnetmasse macht hohe Momentankräfte notwendig. Die besonderen Eigenschaften eines Elektromagneten setzen dieser Bestrebung jedoch deutliche Grenzen.

Elektromagnete:

Das dynamische Verhalten eines Elektromagneten wird durch seine mechanischen und elektrischen Kennwerten bestimmt. Grundsätzlich setzen schnelle Lageänderungen einen steilen Stromanstieg in dem Magneten

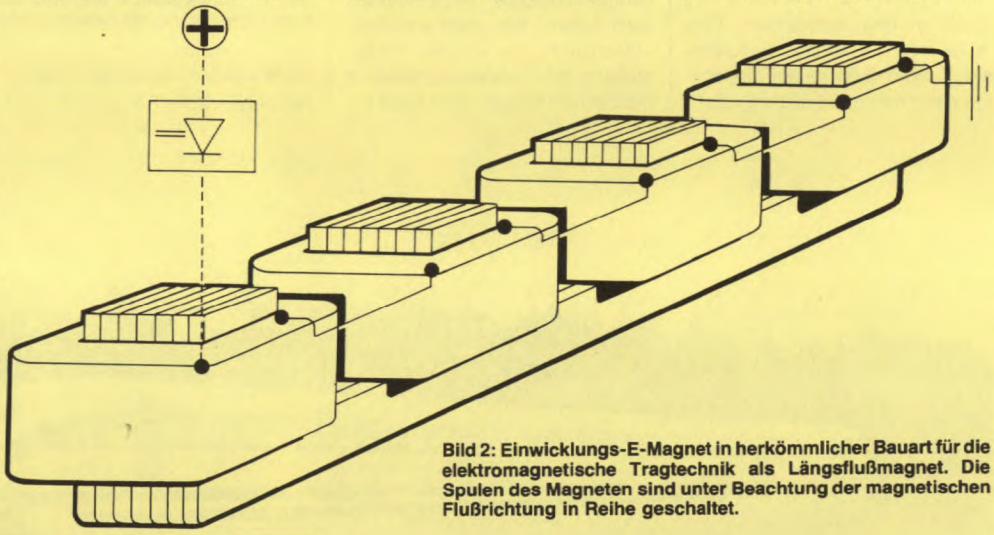
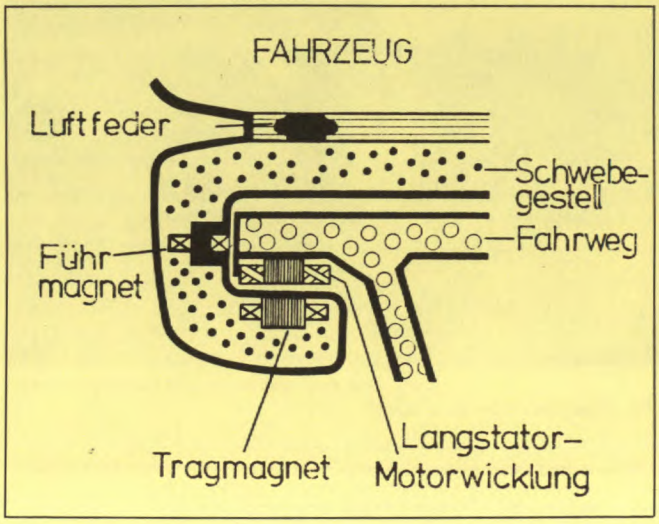


Bild 2: Einwicklungs-E-Magnet in herkömmlicher Bauart für die elektromagnetische Tragtechnik als Längsflußmagnet. Die Spulen des Magneten sind unter Beachtung der magnetischen Flußrichtung in Reihe geschaltet.

Bild 1



Ein weiterer Schwerpunkt der Untersuchungen ergibt sich aus folgenden Überlegungen:

- ▷ Mit der Einführung des Betriebsverfahrens „Fahren auf elektrische Sicht im Blockabstand mit reduziertem ortsfestem Signalsystem" konnten auf den Neubaustrecken erhebliche Wirtschaftsmittel eingespart werden. Die LZB, ursprünglich nur als Overlay-System für Hochgeschwindigkeitsverkehr gedacht, hat die ortsfeste Signalisierung in Teilen verdrängt.
- ▷ Der Triebfahrzeugpark der DB wird zunehmend mit LZB ausgerüstet.

Beide Umstände fordern eine Strategie auch für Strecken außerhalb von HGV. Die LZB der heutigen Ausbaustufe ist aber für solche Strecken überdimensioniert. Abwärtskompatible Baustufen sind denkbar und in Teilen realisiert, ohne das LZB-Prinzip zu verlassen. Auch hier beweist sich einmal mehr die Flexibilität durch Modularität bei der LZB-Konzeption.

9 Schlußbemerkungen

Die Aktivitäten auf europäischer Ebene bieten den Bahnen eine große Chance in ihrem zukünftigen Wettbewerb. Konzepte haben aber nur dann Erfolg, wenn sich die einzelnen Länder, insbesondere auch die kleinen Länder, in den Ideen wiederfinden können. Es dürfen keine Hürden aufgebaut werden, die die Umsetzung der Vereinheitlichung erschweren. Wie bei allen Systemen moderner Technologie ist nicht die Systemkonzeption die unternehmensrelevante Aufgabe, sondern die betriebswirtschaftlich optimale Migration. Für die Deutsche Bundesbahn bestehen damit nur zwei Forderungen an ein künftiges paneuropäisches Zugbeeinflussungssystem:

- ▷ mindestens gleiche Funktionalität im Vergleich zur LZB,
- ▷ Kompatibilität zur Linienleiter-LZB.

Schrifttum

[1] Bernard, P.: Die Entwicklung von ASTREE. ETR – Eisenbahntechnische Rundschau 39 (1990), H. 10, S. 629...634.

Activities toward a European operating control technology

In the course of harmonization in Europe, the EC and other organizations have formed numerous groups concerned with cross-border high-speed rail transport. A subject of major importance in European rail transport is the operating control technology. The article gives an overview of the present stage of the discussion.

Activités relatives à une technique de commande/contrôle européenne

L'harmonisation qui se poursuit en Europe, entraîne la création de nombreux groupes dans la CEE et dans d'autres organisations, qui se préoccupent du trafic international à grande vitesse par chemin de fer. Or, la technique de commande/contrôle des circulations en constitue l'un des pôles importants. L'article donne un aperçu de l'état actuel des discussions à ce sujet.

Actividades para una técnica de dirección del movimiento a nivel europeo

Motivados por las medidas de armonización a escala europea, se han constituido en la CE, pero también en otras organizaciones, numerosos grupos que se ocupan del tráfico ferroviario internacional de alta velocidad. Uno de los temas clave del tráfico ferroviario europeo es la técnica de dirección del movimiento. El presente artículo facilita una sinopsis del estado actual de las discusiones.

Heißläufer- und Festbremsortung

*** intelligente Infrarot-Systeme überwachen Achslager- und Bremstemperaturen

Ausrüster der Hochgeschwindigkeitsstrecken:

* RENFE - AVE
* DB - ICE
* SNCF - TGV Nord

SIGNALTECHNIK GmbH

Ernst-Sachs-Str. 2, D-5400 Koblenz, Tel. (02 61) 8 08 70

Die richtigen Antworten bekommen Sie von uns:

TIMTEC GmbH
Heinrichstraße 51,
D - 44536 Lünen,
Telefon 0231 / 9860 - 212
Telefax 0231 / 9860 - 216

TIMTEC
GESELLSCHAFT FÜR TELEMATIKSYSTEME UND INFORMATIONSMANAGEMENT MBH

Datenfunk? Satellitenfunk? GPS?
Umlaufoptimierung?
ATIS?

ZWS Zentraler Wach- und Sicherungsdienst Fooken & Pfeil GmbH

Sicherheit im Gleisbereich

Unsere Mitarbeiter sichern seit mehreren Jahren die Ihnen anvertrauten Baustellen zuverlässig und mit hoher Qualität gegen die Gefahren aus dem Eisenbahnbetrieb. Seit dem Sommer 1995 sind wir mit der Sicherung mehrerer Bauabschnitte des Projektes CIR - ELKE beauftragt worden. Hier leisten wir unseren Beitrag zur termingerechten und vor allem unfallfreien Fertigstellung des Bauvorhabens. Wir möchten die Gelegenheit nutzen, um unseren Geschäftspartnern für die sehr gute und vertrauensvolle Zusammenarbeit zu danken.

ZWS Fooken & Pfeil GmbH
Am Güterbahnhof 3
77652 Offenburg
Tel.: (0781) 26635 oder 26636

ZWS Fooken & Pfeil GmbH, Filiale Erfurt
Bahnhofstraße 5
99634 Straußfurt
Tel.: (036376) 58007 oder 58008

BAHN-MANAGEMENT-SYSTEME für

- gesteigerten Kundennutzen
- flexiblere Betriebsabläufe
- Erhöhung der Streckenleistung
- Rationalisierung

DST DEUTSCHE SYSTEM TECHNIK

Das Telematik-Systemhaus für Logistik und Verkehr.

DST Deutsche System-Technik GmbH
Edisonstraße 3 · D-24145 Kiel
Postfach 64 20 · D-24125 Kiel
Telefon (0431) 71 09-1

Klaus Gemmeke

DK 629.423.1(430)BR 101 : 629.423.1(430)BR 145
: 629.423.3(430)

Zukunftsweisende Leittechnikkomponenten für Lokomotiven von Adtranz

Adtranz hat wesentliche Komponenten der Traktionsleittechnik für elektrische Lokomotiven weiterentwickelt. Dieser Beitrag beschreibt die zugrundeliegenden Anforderungen und Ergebnisse. Am Beispiel der Ausrüstungen für die Lokomotiven BR101 und BR145 für die Deutsche Bahn wird das evolutionäre Migrationskonzept von „MICAS®" und „GEATRAC®" zum neuen „MITRAC®"-System aufgezeigt, und es werden die Komponenten für die neuen Fahrzeuge vorgestellt.

Dipl.-Ing
Klaus Gemmeke (49),
seit 1991 verantwortlich für Zug- und Fahrzeugleittechnik im Nahverkehr bei ABB Henschel, seit 1996 in dieser Funktion auch in der ABB Daimler-Benz Transportation GmbH (Deutschland). — Studium der Elektrotechnik an der RWTH Aachen; 1975 Eintritt bei Brown Boveri & Cie; dort ab 1977 Mitarbeit in der Entwicklung des Geschäftsbereichs Verkehr; —
Anschrift: ABB Daimler-Benz Transportation GmbH (Deutschland), Geschäftsbereich Systeme und Komponenten, D-68309 Mannheim.

1 Anforderungen an die zukünftige Leittechnik in Triebfahrzeugen

Von modernen Leittechniksystemen in Schienenfahrzeugen wird erwartet, daß sie mehr Funktionalität und größere Leistungsfähigkeit zu geringeren Kosten und in reduziertem Bauvolumen bereitstellen. Die Herstellung von Schienenfahrzeugen wie auch die Leittechnik stehen unter einem erheblichen Kostendruck. Das muß auch von der Leittechnik berücksichtigt werden, um gesamtheitliches Optimum mit Erfolg zu erreichen. Bei der Berechnung der Gesamtkosten jeden Leitsystems sind die Kosten des kompletten Lebenszyklusses in Betracht zu ziehen. Neben Entwicklungs- und Produktionskosten muß damit der Aufwand für Unterhaltung, Reparatur und Ersatzteile für die Dauer von bis zu 20 Jahren im voraus bestimmbar sein. Langzeitstabilität und Reproduzierbarkeit, einfaches Handling und ein hoher Qualitätsstandard, der einen zuverlässigen Betrieb unter allen spezifizierten Betriebsbedingungen sicherstellt — das sind einige wesentliche Anforderungen an die zukünftige Leittechnik-Generation.

1.1 Strukturierung der Leittechnik

Der wachsenden Menge von Fahrzeugfunktionen entspricht eine steigende Anzahl von Signalen, die zu verarbeiten sind. Neben der Verarbeitungsbreite wächst die Verarbeitungstiefe; beides führt offensichtlich zu einer höheren Komplexität des Gesamtsystems. Klare Strukturierung von Verarbeitungsfunktionen und Kommunikationswegen sind hier die geeignete Antwort.

Bild 1: Pyramide der Funktionsebenen in der Leittechnik

Zum Aufbau leistungsfähiger, echtzeitfähiger Kommunikationswege dient das TCN (Train Communication Network), das im Standard IEC376 (CDV) als offene Schnittstelle für alle Steuerungsaufgaben in Triebfahrzeugen festgelegt ist. Die leistungsstarken Kommunikationswege sind eine grundlegende Voraussetzung für ein wirkungsvolles und flächendeckendes Diagnosesystem. Der Anwendungsbereich umfaßt die Kommunikation zwischen Regelungen von Hochleistungsstromrichtern ebenso wie den Anschluß einfacher binärer oder analoger Sensoren und Aktoren.

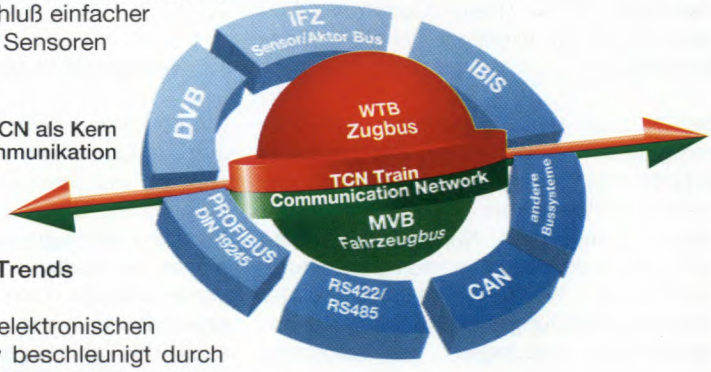


Bild 2: Das TCN als Kern der Kommunikation

1.2 Technologische Trends

Die Entwicklung aller elektronischen Systeme wird massiv beschleunigt durch den bedeutenden technologischen Fortschritt im Bereich der PC's, der Telekommunikation und der Automobiltechnik. Parallel zum Innovationszyklus des PC-Marktes veralten Produkte in diesem Segment innerhalb von 2 bis 3 Jahren und selbst im Automobil-Sektor ist die Produktlebensdauer von Leittechnik generell 2 bis 4 mal kürzer als auf Schienenfahrzeugen.

Innovationssprünge erfolgen im Fertigungsprozeß ebenso wie in der Einführung neuer Prozessor- oder Speicher-Generationen — und alle Fortschritte resultieren in einem besseren Kosten-Leistungsverhältnis, das es zu nutzen gilt, um die Wettbewerbsfähigkeit auf Kunden- und Lieferanten-Seite zu stärken. In vielen Fällen ist direkt oder indirekt mit der Auftragsvergabe auch die Ersatzteilversorgung verbunden mit Laufzeiten von bis zu 20 Jahren und mehr, teilweise zu definierten Lieferkonditionen. Für Leittechnik auf Triebfahrzeugen heißt das, daß die kurzen Innovationszyklen mit der wesentlich län-

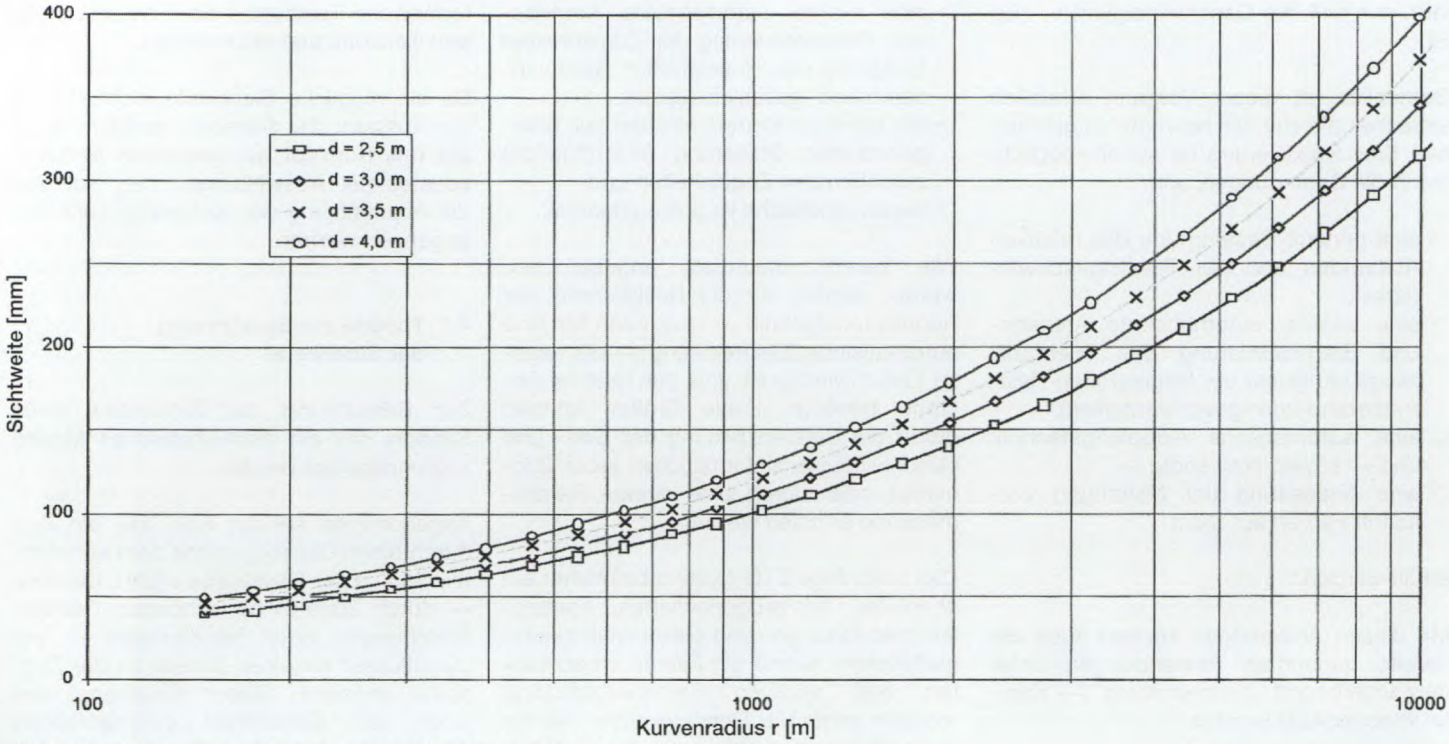


Bild 3: Sichtweite als Funktion des „Wandabstandes" und des Kurvenradius

4.2 Anforderungen für die Sensorik

Unter Berücksichtigung dieser Randbedingung ergeben sich für die Sensorik folgende Anforderungen

- ▷ Bestimmung des Relativabstandes (Minimalanforderung): 2 bis 150 m mit ± 0,5 m,
- ▷ Bestimmung der Relativgeschwindigkeit (Maximalanforderung): 0 bis 30 m/s mit ± 0,2 m/s,
- ▷ Sichtwinkel: > ± 15 Grad (Radius von 300 m und Abstand 150 m),
- ▷ Funktionsfähigkeit und die spezifizierten Genauigkeiten bei jeder Umweltbedingung,
- ▷ Erkennung der Funktionsfähigkeit (Integritätsprüfung),
- ▷ eindeutige Erkennung auch von mehreren Fahrzeugen (Objekttrennung).

Zusätzlich sind noch

- ▷ eine kleine Bauweise,
- ▷ ein geringer Strombedarf,
- ▷ geringe Kosten und
- ▷ eine MTBF größer 10 000 h

zu fordern.

4.3 Auswahl und Untersuchung von Sensoren

Für eine Bestimmung des relativen Abstandes und der Relativgeschwindigkeit kommen verschiedene Meßprinzipien, vor allem Systeme nach dem Laser-, Radar- und Ultraschallprinzip in Betracht. Auf die physikalischen Wirkungsweisen dieser Systeme soll hier nicht näher eingegangen werden [8]. In der Tafel 1 sind jedoch die wesentlichen Vor- und Nachteile zusammengestellt.

Tafel 1: Vor- und Nachteile von Sensortypen

Sensorsystem	Vorteile	Nachteile
Laser	• preiswert • hohe Genauigkeit • hohe Reichweite	• starke Umwelteinflüsse • gute optische Bedingungen notwendig
Radar	• störunanfällig • hohe Reichweite	• Probleme bei der Objekttrennung
Ultraschall	• preiswert	• geringe Reichweite • Umwelteinflüsse • Probleme bei der Objekttrennung

Tafel 2: Parameter zur Untersuchung der Sensorik

Themenbereich	Untersuchungsparameter
Umwelteinflüsse	Nebel, Regen, Schnee, Eis, Temperatur, Wind, EMV, Lichtverhältnisse, Schock, Beschleunigung
Objekttrennung	Fahrzeugenden, Prellbock, andere Fahrzeuge, Hindernisse, Störobjekte (Tafeln, Bahnhofseinrichtungen ...)

Neben der Umwelt, die auf eine Abstands- und Geschwindigkeitssensorik an Eisenbahnfahrzeugen einen großen Einfluß ausüben kann, spielt bei der Rendezvoustechnik noch die Objekttrennung eine entscheidende Rolle. In der Tafel 2 sind die wichtigsten Untersuchungsparameter, die als Grundlage für die Auswahl und die Untersuchungen der Sensorik dienen, aufgeführt.

Aufgrund der Anforderungen und der aufgeführten Überlegungen wurde eine Marktanalyse durchgeführt und daraufhin eine Reihe von Herstellern von Sensoren zur berührungsfreien, relativen Abstand- und/oder Geschwindigkeitsmessung kontaktiert. Von den angebotenen Sensoren blieben zwei Radar- und ein Lasersystem übrig, die für eine nähere Untersuchung in Frage kamen.

4.3.1 *Lasersystem*

Von einer israelischen Firma wurde ein Lasersystem angeboten, das für den industriellen Einsatz und für die Abstands- und Geschwindigkeitsmessung im Kraftfahrzeugbereich entwickelt wurde.

begleiter-Abteil besitzen eine eigene Temperaturstelleinrichtung.

Als Kältemittel wird im ICE-T das chlorfreie R 134a eingesetzt, das generell das FCKW-haltige R 12 ersetzt hat.

In der Luftfahrt werden seit langem Klimaanlagen eingesetzt, die Luft als Prozeßgas nutzen (Kaltluftanlagen). Ab 1991 wurde die Verwendung von Luft für Eisenbahn-Klimaanlagen untersucht und 1992 ein Entwicklungsauftrag erteilt, der den Bau von Labormustern einschloß und schließlich in eine Betriebserprobung in ICE 1-Wagen mündete. Im Januar 1996 wurde entschieden, den ICE 3 mit einer luftgestützten Klimaanlage auszurüsten. Die Massenreduktion dieser Anlage beträgt im Vergleich zur klassischen ICE 1-Anlage etwa 500 kg je Wagen.

Das Funktionsprinzip der ICE 3-Kaltluftanlage ist im Bild 9 dargestellt.

Der geschlossene Kreislauf mit den Hauptkomponenten Motor-Verdichter-Einheit, Kühleinheit, Umgebungs- und Lastwärmetauscher sichert den Kälteprozeß dieser Anlage.

Jede Wagenklimaanlage besitzt ihr eigenes Steuerungs- und Regelsystem. Steuerungs- und Diagnosedaten werden über den Fahrzeugbus ausgetauscht.

7 Neigetechnik und aktive Querfederung

Die ICE-T-Züge sind mit der aktiven hydraulischen Neigetechnik des Systems FIAT ausgestattet. Die größte Wagenkastenneigung beträgt 8°; der Stromabnehmer wird über eine Pendelaufhängung des Grundrahmens aktiv gegengesteuert. Die Steuereinrichtungen der Neigetechnik bestehen aus folgenden Funktionsgruppen:

- ▷ Kreisel- und Beschleunigungssensoren, die an den Drehgestellen des T/T1-Wagens montiert sind; die Sensoren sind redundant;
- ▷ einem elektronischen Rechner in jedem Wagen des Zuges, der die Verarbeitung der von den Sensoren kommenden Signale vornimmt und die Hydraulikzylinder über Servoventile steuert;
- ▷ einer hydraulischen Anlage für die Speisung der Hydraulikzylinder, die die Wagenkastenneigung steuern.

Für die Ermittlung aller zur Verarbeitung notwendigen Informationen (Signale) sind vier verschiedene Gebertypen vorgesehen.

- ▷ zwei Kreisel im vorderen Drehgestell der T/T1-Wagen
- ▷ vier Querbeschleunigungsmesser, jeweils 2 in den zwei Drehgestellen der T/T1-Wagen
- ▷ ein Beschleunigungsmesser im Neigetechnik-Rechner jedes Wagens (nimmt Überschreitung der Höchstgrenzen der Querbeschleunigung im Wagenkasten auf)
- ▷ zwei Winkelgeber in jedem Wagen (geben ständig ein Signal über den Neigungswinkel des Wagenkastens).

Die Rechner sind über einen redundanten Bus miteinander verbunden. Über diesen tauschen sie auch Diagnoseinformationen aus. Dadurch wird eine größere Zuverlässigkeit des Systems garantiert.

Die Drehgestelle sind mit einer aktiven Querfederung ausgestattet. Diese zentriert den Wagenkasten auch beim Befahren von Kurven mit hoher Querbeschleunigung über den Drehgestellen und verbessert den Fahrkomfort.

Die Pneumatikzylinder der Anlage für die Querverschiebung des Wagenkastens, jeweils zwei pro Drehgestell, sind diagonal zueinander angeordnet. Sie werden über pneumatische Proportionalventile gespeist, die von den Rechnern im jeweiligen Wagenkasten angesteuert werden.

Die aktive Querfederung ist im gesamten Geschwindigkeitsbereich bis 230 km/h wirksam und arbeitet unabhängig von der Neigetechnik.

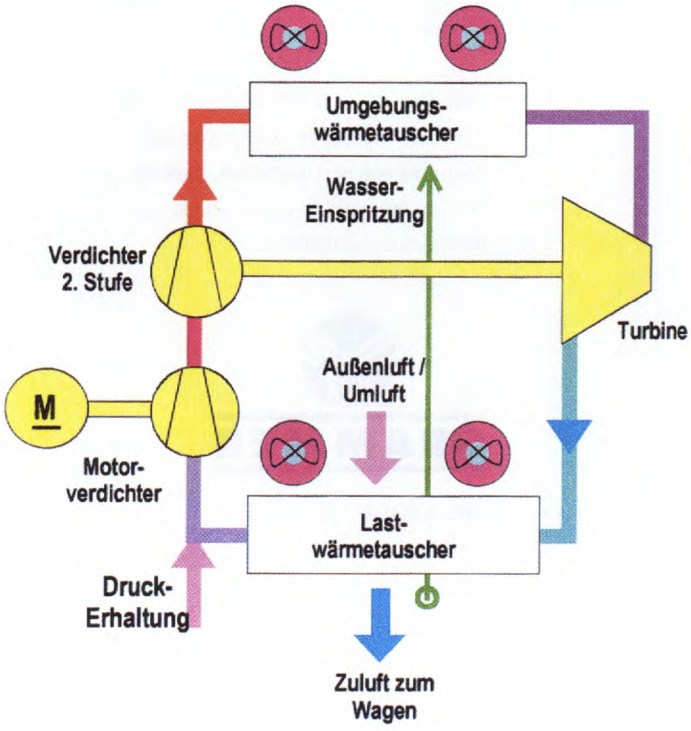


Bild 9: Funktionsprinzip der ICE 3-Kaltluft-Klimaanlage

8 Leittechnik und Diagnose

Die Leitsysteme beider Triebwagen bauen auf dem Train Communication Network (TCN) auf, das von der International Electronical Commission (IEC) als Normenentwurf erarbeitet und 1995 erstmals vorgelegt wurde.

Zug- und Fahrzeugbus sind vollredundant ausgeführt. Kernstück des Leitsystems ist der drahtgestützte Zugbus (WTB), der in den Endwagen über redundante „Gateways" mit dem Fahrzeugbus nach MVB-Standard gekoppelt ist.

In den einzelnen Wagen sind alle Rechner-Komponenten wie Antriebs- und Zugsteuergeräte, Linienzugbeeinflussung und Zentralrechner der Fahrgastinformations-systeme unmittelbar mit dem Fahrzeugbus verbunden. Die konventionelle 110 V-Steuerebene (für Druckluftausrüstung und Fahrschaltersignale) wird über Ein-/Ausgabegeräte an den Fahrzeugbus angebunden.

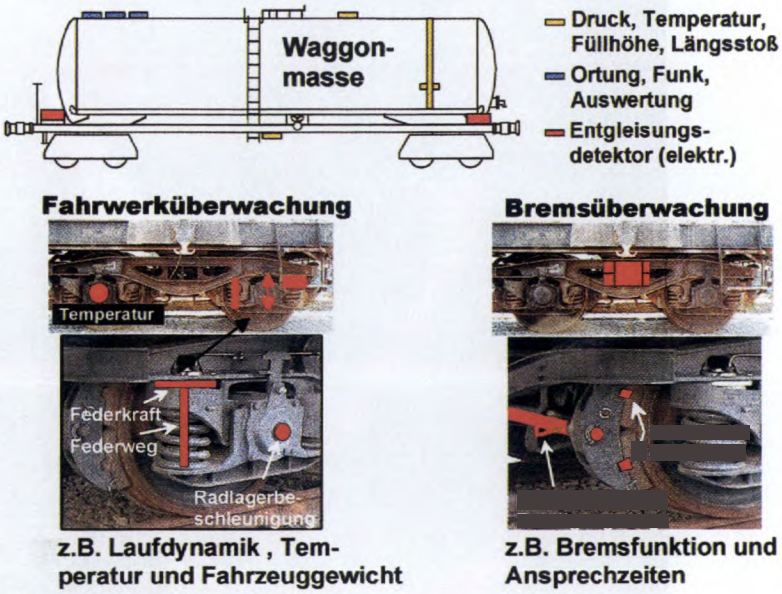


Bild 2: Telematikelemente eines Güterwagens

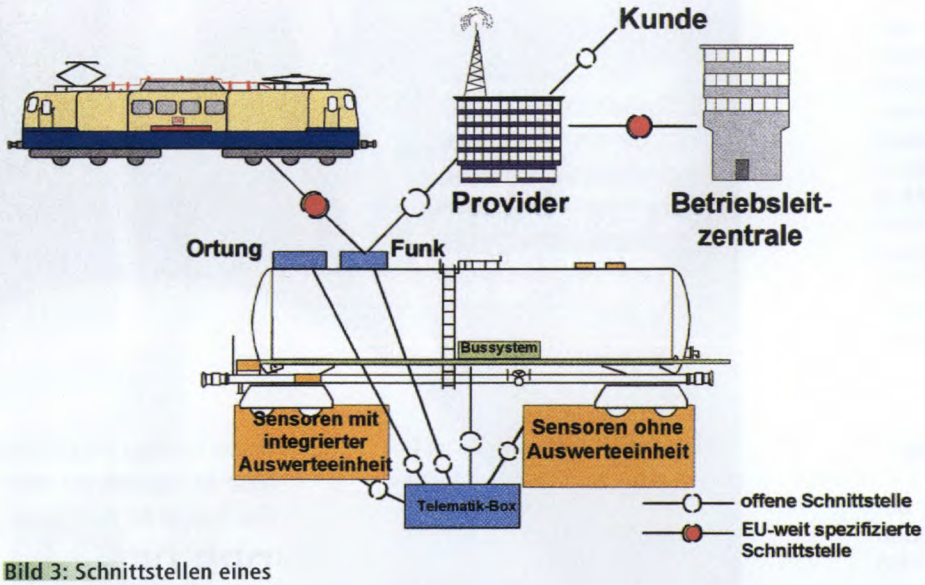


Bild 3: Schnittstellen eines Telematiksystems bei Güterzügen

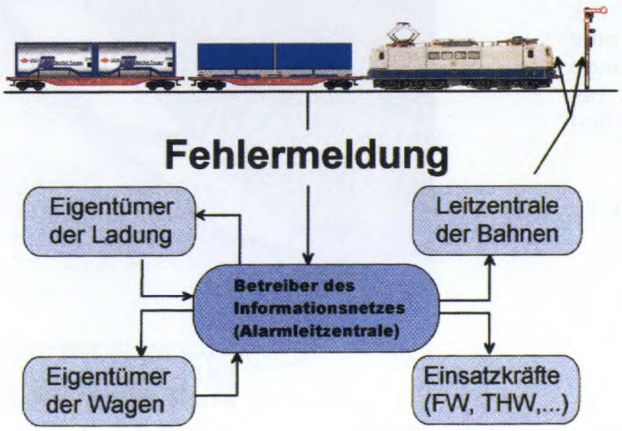


Bild 4: Meldestrategie für wenig zeitkritische Störungen

paßten Sensorik, Auswerteelektronik, Selbstortungsanlage (Bild 2) und autarken Stromversorgung auszurüsten. Damit ist der Wagen in der Lage seinen momentanen Zustand eigenständig zu diagnostizieren, sich zu orten und selbständig in Gefährdungssituationen die Notwendigkeit der Alarmierung zu erkennen.

2. Es wird eine Kommunikationsinfrastruktur aufgebaut, so daß notwendige Informationen vom betroffenen Wagen an eine geeignete Meldestelle übertragen werden können. Dabei gibt es zwei Kommunikationswege, zum einnen die direkte Alarmierung des Triebfahrzeugführers und des weiteren die Benachrichtigung einer ortsfesten Kommunikationszentrale (z. B. eines Telematik-Providers) oder einer Alarmleitzentrale (Bild 3).
3. Die Einrichtung von Alarmleitzentralen ist aus verschiedenen Gründen sinnvoll. Diese sollen im Bedarfsfall ein erhebliches Know-how zur Verfügung stellen; dies umfaßt die Bereitstellung und Einholung von Ladegutinformationen, Handlungsanweisungen für Einsatzkräfte sowie Assistenz der Bahngesellschaften bei notwendigen, einzuleitenden Maßnahmen (s. Bild 3 und Bild 4).

   Mit der Einrichtung unabhängiger Provider wird die Voraussetzung geschaffen, in diesem Bereich einen Wettbewerb zwischen mehreren Systemen zu initiieren, wodurch eine stückweise Optimierung des Systems erwartet wird.

   Die Einrichtung unabhängiger, grenzüberschreitend agierender Provider vermeidet Sprach- und Verwaltungsbarrieren innerhalb Europas.

   Als Zusatznutzen im täglichen Betrieb kann der Provider dem Kunden Ladegut- und Positionsinformationen zur Verfügung stellen, die dem Kunden zur Optimierung seiner Transportkapazitäten dienen können.

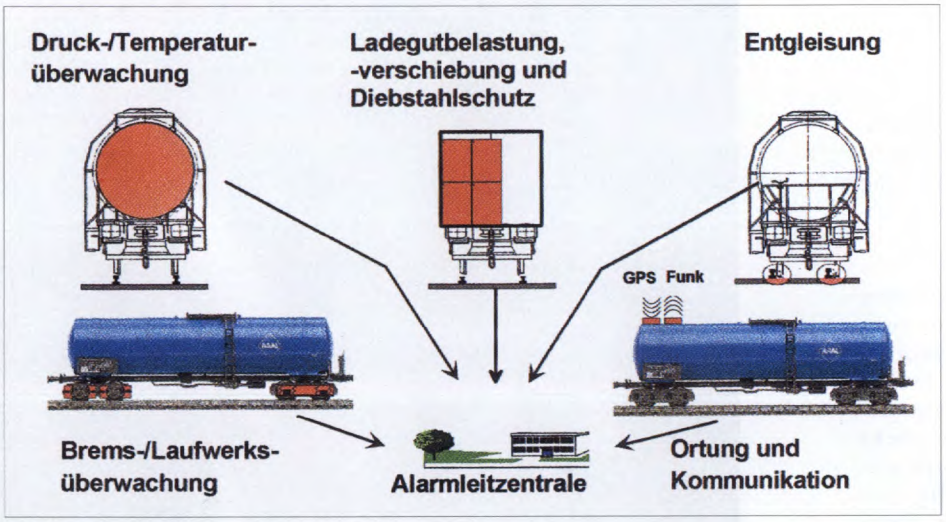


Bild 5: Diagnoseanwendungen im Güterverkehr

Im Bereich der Fahrwerksüberwachung sollen vor allem sicherheitsrelevante Größen überwacht werden [4]. Vielfach kann dabei mit verhältnismäßig geringem sensorischen Aufwand ein hoher Gewinn an Sicherheit erzielt werden.

Folgende sicherheitsrelevante Situationen können dabei mit Hilfe von Sensoren überwacht werden:

1. Entgleisung
   Die Entgleisungsdetektion kann mit Hilfe eines Vertikalbeschleunigungssensors an jedem Ende eines Wagens im Bereich des Untergestells durchgeführt werden. Im Gegensatz zu rein pneumatisch arbeitenden Systemen kann es hier nicht zu unbeabsichtigten Notbremsungen im Tunnel oder in Tunnelnähe und damit zu erschwerten Evakuierungen und Rettungsmaßnahmen kommen.
   Dabei soll das Telematiksystem bei Vertikalbeschleunigungen von 7,5 g eine Meldung an den Provider absetzen, der über die betreffende Bahngesellschaft eine Beeinflussung des Zuges und anschließend eine Bremsung auf sicherem Terrain veranlaßt.
   Für künftige Entwicklungen ist eine Entgleisungsprognose mit Hilfe weiterer Sensorik denkbar und wünschenswert, um bereits zu einem Zeitpunkt reagieren zu können, der eine Verhinderung einer Entgleisung mit ihren negativen Folgen zuläßt. Dazu könnten die im folgenden beschriebenen Sensoren, die den Federweg oder die Federkraft der Primärfeder messen, herangezogen werden.

2. Federbruch
   Der Bruch einer Feder der Primärstufe stellt ein sehr hohes Risiko für den weiteren Fahrbetrieb des Güterwagens dar und kann, wenn er unentdeckt bleibt, eine Entgleisung des Waggons zur Folge haben.
   Aus diesem Grund sind Sensoren, die den Federweg direkt in der Primärstufe messen, sinnvoll. Als Nachrüstlösung für bereits im Einsatz befindliche Güterwagen ist der Einsatz der Wegmessung mittels herkömmlicher Weggeber oder Ultraschallsensoren günstig, da hier in den Kraftfluß der Konstruktion nicht eingegriffen wird und somit keine Neuabnahme erforderlich wird.

3. Überladung
   Die Wegsensoren der Primärfederstufe können auch Aussagen über die Gesamtfahrzeugmasse liefern, so daß eine Überladung, die vor allem im Gefahrguttransport gefährlich werden kann, entdeckt und gemeldet werden kann; ein aufwendiges und teures Wiegen jedes einzelnen Wagens kann damit entfallen.

4. Seitliche Ladegutverschiebung und Verlassen des Lichtraumprofils
   Im Bereich der Stückguttransporte ist das Auftreten seitlicher Ladegutverschiebungen ein erhebliches Gefahrenpotential. Die Auswertung der Sensoren der Primärstufe der Federung kann hier frühzeitig wichtige Informationen liefern, so daß eine Entwicklung in Richtung dieses Zustands erkannt und verhindert werden kann.

5. Heißläufer
   Die Beobachtung der Radlagertemperatur durch einen Sensor pro Lager, der ggf. auch als Nachrüstlösung auf dem Lagergehäuse befestigt werden kann, gibt wertvolle Informationen über den Zustand des Radlagers.
   Ortsfeste Heißläuferanlagen sind zum einen im Streckennetz zu weit auseinander angeordnet und zum anderen nicht zuverlässig genug, um erwärmte Radlager in jedem Fall rechtzeitig erkennen zu können. Dies liegt ursächlich an der Heißläufercharakteristik der heute verwendeten Radlager, die über lange Zeit ein sehr langsames Erwärmungsverhalten zeigen; wenn dann jedoch eine Schädigung eingetreten ist, erfolgt die Erwärmung schnell, so daß die Entdeckungswahrscheinlichkeit vor dem Versagen gering ist; Lagerschäden können dabei zu Folgeschäden mit schweren Entgleisungen führen.

6. Bremsen
   Im Bereich der Bremstechnik kann mit Hilfe geeigneter Sensoren ein deutlicher Gewinn an Sicherheit, ein Vorteil für die Wartung der Bremsanlage und in der Vollversion ein erheblicher Zeitgewinn bei der Durchführung der häufig notwendigen Bremsprobe erzielt werden.
   Hier können mit Hilfe geeigneter Sensorik sowohl die Bremse im Betrieb überwacht als auch wartungsrelevante Parameter, wie Verschleiß und Gestängeprobleme, frühzeitig zur Einplanung von Werkstattaufenthalten erfaßt werden. Dabei kann der Verschleiß der Bremsbeläge, wie im Kraftfahrzeugbereich seit Jahrzehnten erfolgreich im Einsatz, durch Integration von Verschleißsensoren, die ein elektrisches Signal bei Erreichen eines Verschleißmaßes geben, erfaßt werden. Alternativ ist die Stellung des Bremsgestängestellers zu erfassen.
   Gestängefehler können mit Hilfe von Weg- oder Kraftsensoren im Gestänge erfaßt werden. Hier gibt insbesondere der zeitliche Verlauf der Betätigungskraft Aufschluß über den Verschleiß und die Funktionsfähigkeit.

Für die Wartung ergeben sich durch Speicherung der aktuellen Werte und durch Vergleich mit den Werten von Normalzuständen Aussagen über bevorstehende oder notwendige Wartungsmaßnahmen. Ein Übergang von der zeitabhängigen auf die zustandsabhängige Wartung verbessert nicht nur die Sicherheit verringert, sondern auch bei Anpassung der Werkstatt-

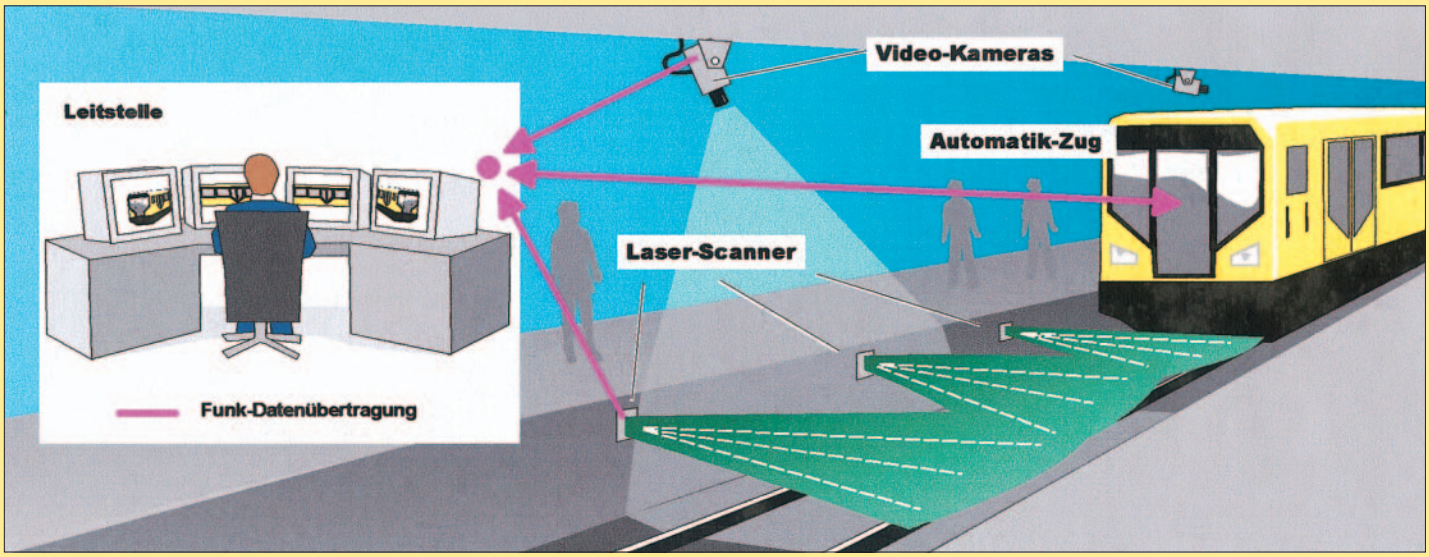


Bild 4: Prinzipdarstellung der HGÜ

die Beanspruchungsmeldungen der HGÜ. Über die Bedienoberfläche können den für den automatischen Betrieb ausgerüsteten Zügen die dispositiven Fahraufträge (Missionen) zugewiesen werden. Jede Mission beschreibt dabei eine durchzuführende Fahrt. Zur betrieblichen Erprobung können die Parameter der Missionen verändert werden, z. B. das Verhalten der Züge, wie die Aufenthaltszeit in Haltestellen oder Durchfahrten.

Darüber hinaus nimmt das „ATO-MMI" Funktionen der zentralen Datenhaltung wahr (Zustandsspiegel). So stellt es die erforderlichen Daten für die Züge zur Verfügung und verwaltet auch die von den Fahrzeugen empfangenen Daten. Für den Probebetrieb wurde das „ATO-MMI" so ertüchtigt, daß es die unterschiedlichen Übertragungsverfahren und Inhalte, die an die verschieden ausgerüsteten Züge zu übermitteln sind, in geeigneter Form aufbereitet. Das ATO-MMI basiert auf Geräten und Verfahren der Systemfamilie SIEMENS VICOS OC 100. Im Probebetrieb bildet es einen Teil der in einem späteren Realisierungsvorhaben einzusetzenden Streckengeräte eines ATC-Systems nach.

4.4 Haltestellen-Gefahrenraum-Überwachung (HGÜ)

Im Projekt STAR war von Anfang an eine elektronische Einrichtung zur Überwachung der Bahnsteiggleise (HGÜ) vorgesehen. Meldungen dieser Einrichtungen bewirken das Anhalten aller Züge im angrenzenden Streckenbereich oder verhindern die Einfahrt oder Abfahrt der Züge in bzw. aus Haltestellen.

Die HGÜ besteht aus folgenden funktionalen Elementen:

- ▷ Bahnsteigabschlusstüren, die den Zugang zum Gleisbereich an den Enden des Bahnsteiges überwachen,
- ▷ Bahnsteigleisüberwachung, die den Gleisbereich vor der Bahnsteigkante detektiert,
- ▷ Eindringüberwachung, die ein Eindringen in den freien Gleisbereich meldet,
- ▷ Bahnsteigkantenbeobachtung zur Überprüfung des ordnungsgemäßen Ablaufs des Fahrgastwechsels aus der Leitstelle.

Nach Abwägung aller Vor- und Nachteile verschiedener Sensoren entschied die Firma Adtranz, eine Sensor-Kombination zu verwenden. Als Primärsensorik für die Überwachung des Gleisbereiches wurde eine Anordnung von 6 Laserscannern gewählt. Als Sekundärsystem kommt Videotechnik zur Anwendung, die eine Fernbeobachtung und das fernbediente Rücksetzen durch die Leitzentrale ermöglicht.

Am HGÜ-Arbeitsplatz in der Leitzentrale werden die vorausgewerteten Meldungen der Haltestelleneinrichtungen detailliert angezeigt. Dort kann der Bediener bei visueller Überwachung des Gleisbereiches auch manuell den Nothalt der Züge auslösen.

4.5 Funk-LAN

Eine signaltechnisch sichere und schnelle Kommunikation zwischen den Zügen und den stationären Automatisierungseinrichtungen ist Grundvoraussetzung für den fahrerlosen Betrieb von Schienenfahrzeugen. Das Funk-LAN wird als datentransparentes Übertragungssystem eingesetzt. Die Firma Adtranz brachte eine Funk-LAN Lösung ein, die gleichzeitig mehrere hundert Einheiten steuern und überwachen kann. Je nach Philosophie der fahrzeugseitigen ATC-Einrichtungen werden Daten im festen Zeitraster an das „intelligente" Fahrzeug gesendet (Zug 5001) bzw. durch das „intelligente" Fahrzeug abgefragt (Zug 5002). Bei der Realisierung des Funk-Telegrammverkehrs orientiert sich die Firma Adtranz mit dem Zug 5002 am ETCS/ERTMS-Standard, den die europäischen Eisenbahnen anstreben.

4.6 Fahrzeugausrüstung

Fahrzeugausrüstung Funk-LAN

Neben den Streckeneinrichtungen für das Funk-LAN wurden von der Firma Adtranz weiterhin auf beiden Zügen sogenannte Funk-LAN-Anpassrechner (FLAR) realisiert, die über ein integriertes Funkmodul verfügen. Die FLAR's steuern die bidirektionale Datenkommunikation zwischen den an Bord befindlichen ATC-Einrichtungen und der Strecke. In den Fahrerständen der Züge 5001 und 5002 sind jeweils zwei Patch-Antennen im oberen Bereich der Frontscheiben angebracht und mit dem zugehörigen FLAR verbunden.

Zug 5001

Der Zug 5001 wurde mit einem ATC-Fahrzeuggerät der Firma Matra Transport International ausgerüstet. Diese ATC basiert auf der Hardwareplattform der Produktfamilie DIGISAFE. Die für den Probebetrieb geforderte Funktionalität ist dem System METEOR entnommen, das sich seit Herbst 1998 auf der Pariser U-Bahnlinie 14 im Fahrgastbetrieb bewährt. Die ATC empfängt alle notwendigen Daten zur Berechnung von sicherungstechnischen und betrieblichen Haltepunkten sowie Betriebsleitdaten zur Realisierung eines flexiblen fahrerlosen automatischen Betriebes. Auf einem Rückkanal werden die aktuelle Zugposition, Diagnose und Statusinformationen der ATC und des Zuges zur Leitstelle des Probebetriebes übertragen.

Ergänzt wird das ATC-Fahrzeuggerät durch Einrichtungen und Verfahren zur Lokalisierung des Zuges.

Zug 5002

Die ATC-Ausrüstung des von der Firma Adtranz ausgerüsteten Zuges 5002 basiert im wesentlichen auf dem Standardzugsicherungssystem TIGRIS sowie zusätzlichen Rechnerkopplungen zur Aufnahme der Diagnosedaten bzw. Abgabe der Fernsteuerkommandos.

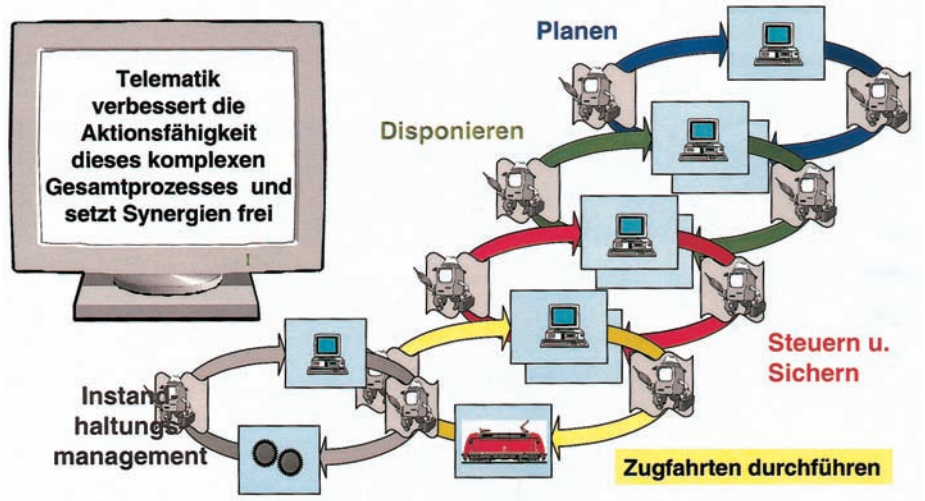


Bild 2: Die Regelkreise im Überblick

gonnene Informatisierung weiter systematisch voranzutreiben, orientiert an den Geschäftsprozessen, wird immer wieder weitere Nutzungsmöglichkeiten der Telematik und auch Synergien und Mehrwerte eröffnen.

Die Präsenz der Telematik in den Prozessen des Bahnsystems lässt sich gut mit überlagerten Regelkreisen verdeutlichen, siehe Bild 2. Damit wird von Anfang an auch sichtbar, dass es einer Systematik bedarf, um aus der Telematik durchgängig einen Nutzen zu ziehen und die angesprochenen Synergien und Mehrwerte zu erzeugen. Regelkreise tragen der Tatsache Rechnung, dass der Bahnbetrieb Soll-Ist-Vergleiche braucht und die Auswirkungen von Entscheidungen auf den tatsächlichen Betriebsverlauf wieder in die Entscheidungsinstanz zurückgeführt werden muss.

Am Anfang steht der Planungsprozess, sowohl für das Kundenangebot als auch für die Betriebsplanung, wobei die Betriebsplanung ihrerseits mit Personal-, Infrastruktur- und Fahrzeugplanung koordiniert wird. Kundennachfrage und Betriebsabwicklung müssen einem Monitoring unterzogen werden, um iterativ künftige Planungsprozesse zu verbessern.

Wenn wir nun die betrieblichen Aspekte weiter vertiefen, so stellen wir fest, dass dem Regelkreis „Planung“ der Regelkreis „Disposition des Bahnbetriebs“ eingelagert ist. Es fällt auf, dass dieser Regelkreis aus technischer Sicht überhaupt nicht geschlossen ist. Zwar unterstützen Zuglaufverfolgungssysteme den Disponenten, aber sozusagen in „Gegenrichtung“ lässt sich ein wesentliches Automatisierungspotenzial feststellen, insbesondere hinsichtlich der so genannten Fahrempfehlungen an die Züge. In vergangenen Zeiten haben Stellwerkswärter vorbeifahrenden Zügen die „K-Scheiben“ oder „L-Scheiben“ gezeigt, was den Auftrag beinhaltete, im Rahmen der zulässigen Geschwindigkeiten die Fahrzeit zu kürzen („K“) oder zur verlängern („L“). Dieses Verfahren kann bei der heutigen Zentralisierung nicht mehr vor Ort durchgeführt werden, aber auch die Verlagerung von der örtlichen Ebene auf die dispositive Ebene der Betriebsleitung mit Datenübertragung per analogem Zugfunk hat sich nicht bewährt. Deshalb erhielt das Forschungs- und Technologiezentrum der Deutschen Bahn AG den Auftrag, auf neuer Systembasis ein Verfahren zu entwickeln, die „Zukunftsorientierte Disposition ZDIS“. Auf dem Train-Control-Simulator TCSim des Forschungs-und Technologie-Zentrums der DB AG wird derzeit ein erster Lösungsansatz erprobt.

Der Disposition unterlagert ist der Regelkreis „Steuerung und Sicherung der Züge und Fahrwege“. Auf den Strecken der DB, auf denen schneller als 160 km/h gefahren wird, erhält der Triebfahrzeugführer, und bei vielen Triebfahrzeugen auch die Automatik (die so genannte Automatische Fahr- und Bremssteuerung), die Sollvorgaben zur Zugfahrt, nämlich momentane Sollgeschwindigkeiten, Entfernung zum Ziel und zulässige Geschwindigkeit am Zielpunkt. Auf den DB-Strecken mit niedrigeren Geschwindigkeiten erfüllen noch Signale am Fahrweg diese Aufgabe, wobei die Ortung der Züge in diesem Fall nur abschnittsweise mit Hilfe von Gleisfreimeldeanlagen erfolgen kann.

Der Zug reagiert auf diese Aufträge (siehe den nochmals eingelagerten Regelkreis) „Zugfahrten durchführen“. Dieses Verhalten lässt sich wiederum zeitabhängig in Fahrtrichtung, Weg, Geschwindigkeit und Beschleunigung ausdrücken. Abgesehen von der Beschleunigung bzw. Verzögerung werden diese Werte zurück in die oberen Regelkreisebenen übertragen und können so von der dispositiven Ebene für die Optimierung der Zugfahrt genutzt werden. Auch in diesem Bereich gibt es noch Optimierungspotenzial.

Die Reaktionszeiten dieser vier Regelkreise sind umso kürzer, je näher sie dem „Prozess Zugfahrt“ sind. Die Telematik unterstützt diese Regelkreise nicht nur, in vielen Fällen ist sie notwendig, um den Prozess überhaupt zu ermöglichen, denken wir nur an die Steuerung und Überwachung der Hochgeschwindigkeitsfahrten; in anderen Fällen verbessert sie zumindest die Aktionsfähigkeit im System.

Hinzu kommt: mit Telematik eröffnen sich völlig neue Chancen, die Automatisierung und Informatisierung zu beschleunigen. Betriebsprozesse können ohne Zeitverzug die Geschäftsprozesse, in denen sie eingebettet sind, unterstützen. Das Instandhaltungsmanagement wird unterstützt. Monitoringfunktionen sind in der Lage, die Disposition der für den Betrieb wichtigen Ressourcen und das Marketing der Verkehrsleistungen zu unterstützen. Von besonderer Bedeutung sind Effekte, die durch flächendeckende Einrichtungen neuer Strukturen zustandekommen. Beispiel Bahnübergang: wenn auf einer Strecke alle Züge über Funk die Bahnübergangssicherung einschalten, wie das in Bereichen des FunkFahrBetriebs der Fall sein wird, kann auf die aufwendige, geschwindigkeitsabhängige Anordnung und Verkabelung von Einschaltpunkten in großer Entfernung vom Bahnübergang verzichtet werden.

Über die betrieblichen Aspekte hinaus gibt es eine Reihe von technologischen Management-Grundfunktionen in diesen Regelkreisen.

Das heißt also: die Informatisierung kann in diesem Bereich erhebliche Fortschritte und eine Verbesserung der Konkurrenzfähigkeit der Bahn bewirken. Hier liegt der Schlüssel zum schnellen und flexiblen Reagieren auf Nachfrage- und Situationsveränderungen. Deshalb besteht erheblicher Handlungsbedarf in

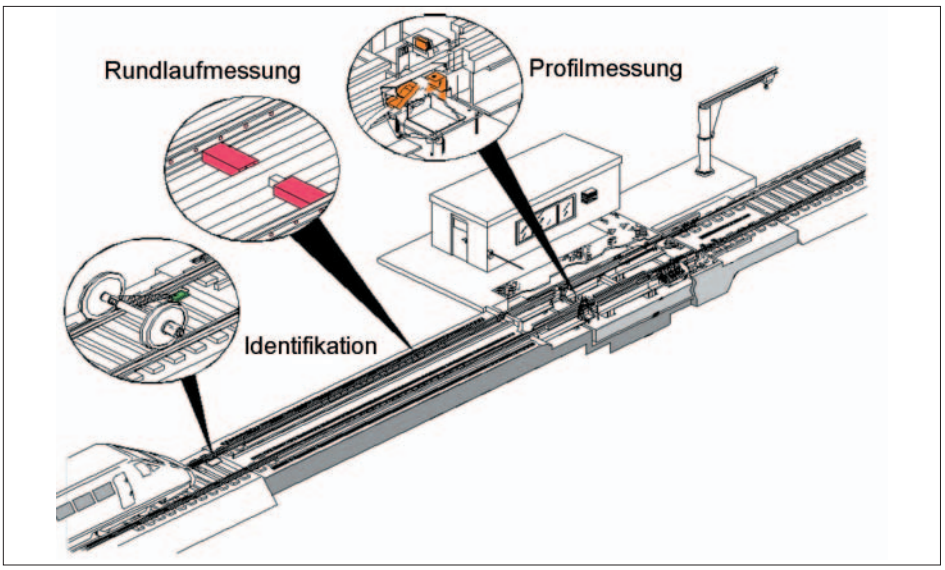


Bild 4: Radsatz-Diagnoseanlage RDA

3.2 Onboard-Diagnose

Onboard-Systeme geben einen kontinuierlichen Befund der Verhältnisse im fahrenden Zug(verband) und gestatten eine permanente Überwachung von sicherheits- und auch komfortrelevanten Vorgängen im Betrieb. Vor diesem Hintergrund ist ein Frühwarnsystem für Fahrwerke des Hochgeschwindigkeitsverkehrs in Entwicklung. Die Entwicklungstendenz geht dabei weg von der reinen Grenzwertüberwachung einzelner Parameter hin zu multisensorieller Systemverfolgung. Das Systemverhalten wird im laufenden Betrieb umfassend beobachtbar und online ausgewertet. Wesentliche Einsatzschwerpunkte beim Einsatz des Frühwarnsystems leiten sich schon aus der Bezeichnung ab:

▷ Schadensentwicklungen werden deutlich vor Erreichen kritischer Zustände erkannt, was einen Zeitgewinn zur optimierten Planung von Gegenmaßnahmen bis hin zum direkten, selbsttätigen Eingriff in den Fahrbetrieb ermöglicht.

▷ Die Umsetzung von online-Qualitätssicherungsmaßnahmen von Komponenten und Baugruppen und die unmittelbare Komponentenbeurteilung nach besonderen Belastungen ist möglich.

▷ Daneben liefert ein derartiges System Statusinformationen zum aktuellen Laufverhalten. Bei Einführung dieses integralen Diagnoseprinzips ist man in der Lage, zukünftig vermehrt zustandsorientierte Wartungsstrategien einzuführen.

Nach wenigen Modifizierungen bezogen auf Anzahl, Lage und Auswertecharakteristik steht das Frühwarnsystem kurz vor der Serienreife (Bild 7). Es besteht heute aus 8 unterschiedlich platzierten Sensoren, die sich wie folgt pro Drehgestell aufteilen:

▷ einem Beschleunigungssensor je Schlingerdämpferkonsole (= 2),
▷ einem Beschleunigungssensor je Klammervorrichtung Drehgestellrahmen (= 2),
▷ einem Beschleunigungssensor mit integriertem Temperatursensor je Achslagergehäuse (= 4).

In der Endausbaustufe wird das Frühwarnsystem instandhaltungsfreundlich und wagenautark aufgebaut sein. Es gibt nur je eine Trennstelle zwischen Wagenkasten und Drehgestell. Pro Wagen ist eine 19"-Diagnoseeinheit in einem vorhandenen Schaltschrank integriert. Für die wagenübergreifende Kommunikation werden die vorhandenen Wagen- und Triebzugdiagnosesysteme hinsichtlich Fehlercodes erweitert.

Einen weiterführenden Ansatz zur Optimierung von onbaord-Systemen stellt der „Intelligente Radsatz 2000 Plus" dar. Im Zusammenhang mit den Bestrebungen, von Bahnbetreibern und Schienenfahrzeugherstellern zu mehr Standardisierung und implementierter Intelligenz im Schienenfahrzeug zu kommen, sollen in naher Zukunft Plattformkonzepte für Radsätze mit differenzierten Geschwindigkeitbereichen entstehen. Beim „Intelligenten Radsatz 2000 Plus" gibt es im wesentlichen vier Hauptrichtungen:

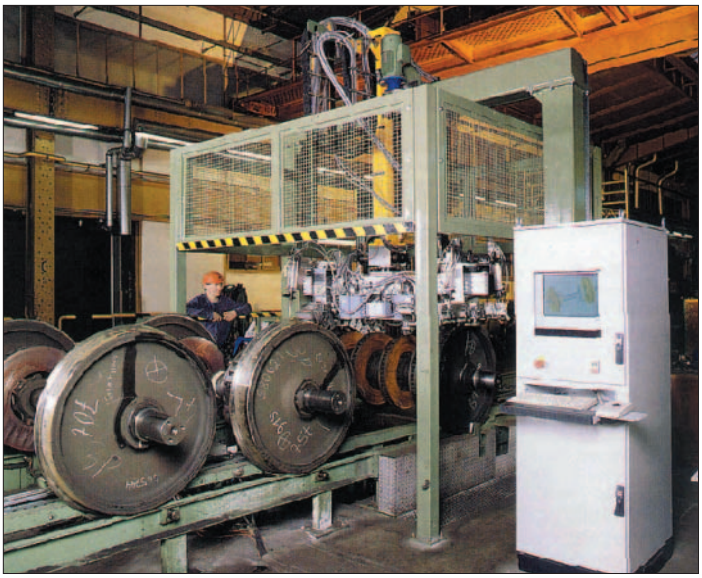


Bild 5: Automatischer Radsatzprüfstand AURA

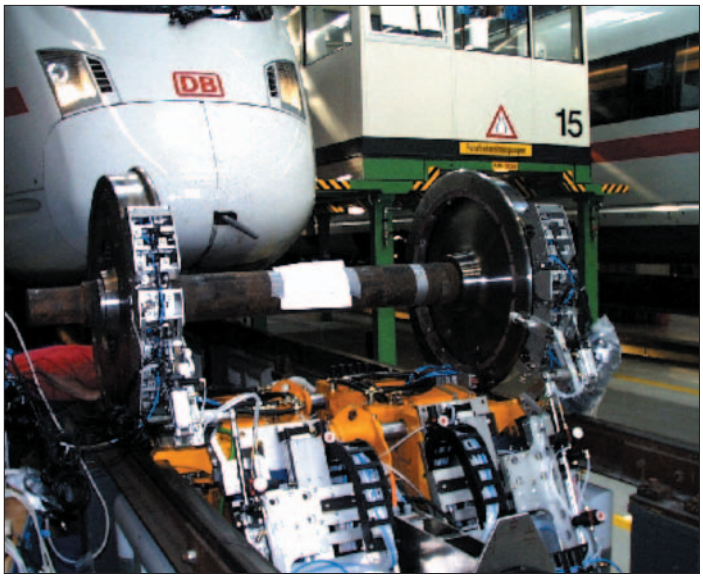


Bild 6: Unterflurprüfeinrichtung

ker, eine zusätzliche Infrastruktur war nicht erforderlich.

Die Lösung mit zentralen AAG und fest gerouteten Verbindungen erwies sich aufgrund der zur Verfügung stehenden Übertragungswege als die wirtschaftlichste, alternativ ist auch die Verbindung über vorhandene Kupfer-Streckenkabel oder ISDN-Wählleitungen möglich.

Über die ISDN-Verbindungen für die AAG wurden gleichzeitig für die Mitarbeiter in der BZ und der 3S-Zentrale Sprechmöglichkeiten direkt auf die Außenstationen geschaffen. Die Bediener erhalten Informationen, ob die Verbindungen frei oder belegt sind und können über Mithöreinrichtungen auch die inhaltliche Richtigkeit einzelner Ansagen gezielt überprüfen. Es ist ihnen ebenfalls möglich, laufende automatische Ansagen zu unterbrechen, da sie eine höhere Priorität in der Vermittlungseinrichtung besitzen. Der Fahrdienstleiter wiederum erhält in der örtlichen ELA die Priorität über die eben genannten Teilnehmer.

Bei den jetzt noch anstehenden Erweiterungen werden auch hier neue Wege verfolgt und Ansagegeräte dezentral aufgestellt, sofern die zentralen ausgelastet sind. Diese werden dann über das WAN mit TCP/IP angesteuert.

2.3 Prozessankopplung

In den bisherigen Fahrgastinformationsanlagen (FIA) gab es keinerlei Abhängigkeit zwischen der Einstellung der Zuganzeiger und dem tatsächlichen Betriebsgeschehen. Änderte der Fahrdienstleiter die Reihenfolge der Züge oder verlegte einen Zug auf ein anderes Gleis, musste dieses in der FIA manuell nachgepflegt werden. Die jetzt installierte Prozessankopplung (PAK) erkennt unter Verwendung von Daten aus der Zugnummernmeldeanlage den tatsächlichen Betrieb und meldet das Ergebnis an die FIA. Damit eine solche Meldung zustande kommt, müssen zwei Bedingungen erfüllt sein:

- ▷ Überfahren eines für jeden möglichen Fahrweg vordefinierten Vormeldepunktes,
- ▷ Einstellung einer durchgängigen Fahrstraße für einen Zug ins Zielgleis.

Mit dieser Meldung der PAK können in der FIA noch einmal die vorhandenen Einstellungen überprüft und ggf. noch geändert werden. Durch Überfahren eines ebenfalls vordefinierten Abmeldepunktes werden ggf. vorhandene Zuganzeiger gelöscht.

2.4 Zughalterkennung und Anzeigerlöschung

Für eine hochautomatische FIA ist eine selbsttätige Zughalterkennung erforderlich, um die Willkommen- und Anschlussansagen auszulösen. In Hannover kommt ein Zughaltsensor zum Einsatz, der auf der Basis von Radar und Ultraschall arbeitet. Im Regelfall wurden die Bahnsteige an Umsteigestationen mit einem Sensor je Gleis ausgerüstet. Lediglich in Hannover Hbf, wo häufig zwei Züge in einem Gleis halten, wurden zwei Sensoren je Gleis installiert. Die Verzögerungszeit, innerhalb derer die Sensoren den Halt erkennen und die Ansagen beginnen, liegt zwischen zehn und 20 Sekunden.

Außerdem können die Sensoren eingesetzt werden, um die Anzeigerlöschung bei Abfahrt eines Zuges auszulösen. Allerdings wird die Abfahrt erst dann erkannt, wenn der Zug vollständig am Sensor vorbeigefahren ist. Im allgemeinen stehen im Großraum Hannover die Ausfahrsignale, deren Haltfall ebenfalls als Löschkriterium genutzt wird, relativ dicht hinter den Bahnsteigen, so dass

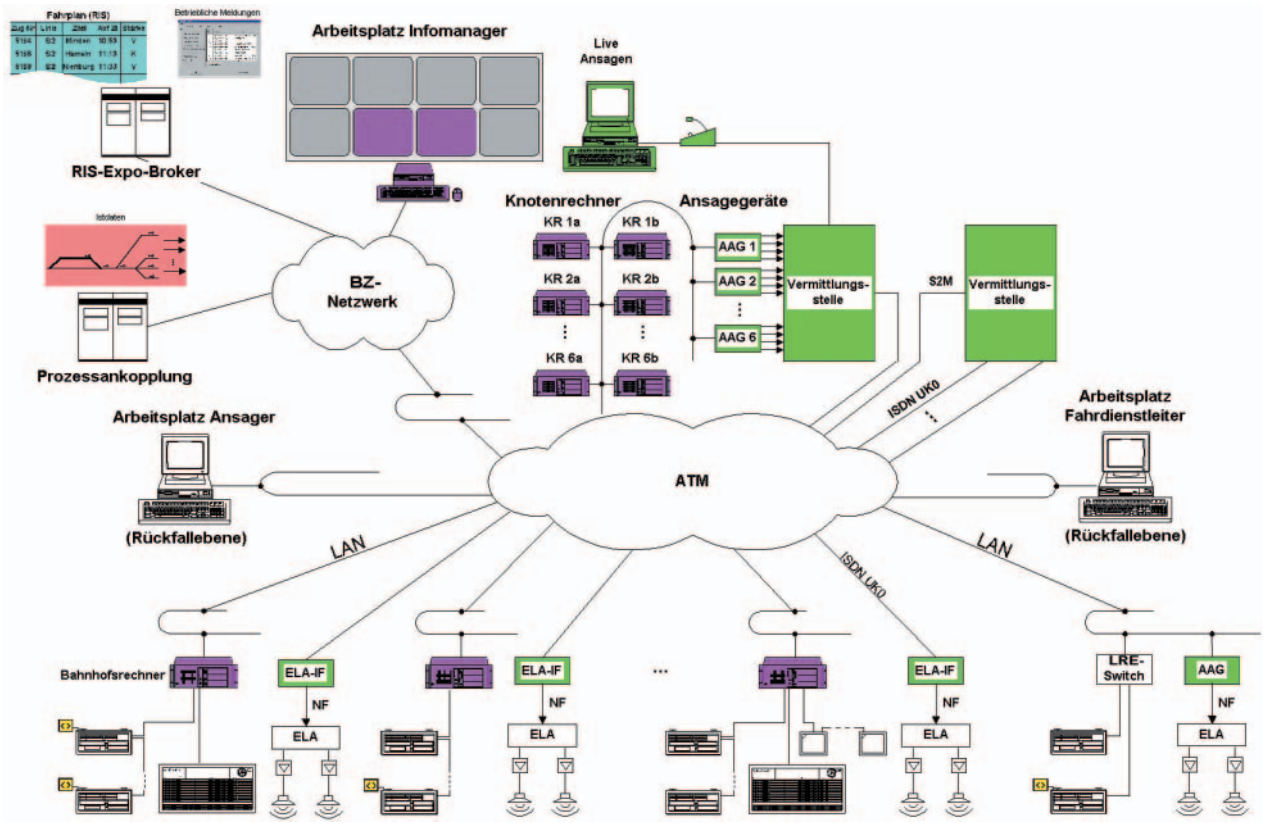


Bild 1: Schematische Darstellung des Aufbaus der Fahrgastinformationsanlage Hannover (Quelle aller Bilder: DB Netz AG)

Bild 3: Überwachungssensorik eines Tankcontainers

Zwar sind die erforderlichen Sensortechniken aus der Anlagenüberwachungs- und Prozesstechnik verfügbar, jedoch erfordern autonome Funktionsweise, geringer Energieverbrauch, hohe Zuverlässigkeit, geringer Wartungsaufwand und robuste Bauweise spezifische Anpassungsentwicklungen.

Die verschiedenen Sensormöglichkeiten eines Tankcontainers zeigt Bild 3.

3.2 Systemkonfiguration

Bei der Analyse und Bewertung der alternativen Übertragungswege und Systemkomponenten haben sich für intermodale Anwendungen (Straße, Schiene, Wasser) folgende Systemarchitekturen herauskristallisiert:

- ▷ Das Sensorik-/Telematikmodul wird am Gefahrgutbehälter angebracht und enthält folgende Komponenten: Messwertumformer, Sensordatenmodul, Funkmodul und Energieversorgung.
- ▷ Das Fahrzeugführer-Monitoringmodul ist als mobiles, tragbares Handgerät ausgeführt und enthält folgende Komponenten: Anzeige- und Bedienpanel, Datenmodul, Funkmodul und Energieversorgung.
- ▷ Alternativ oder zusätzlich kann die Anzeige auch über ein fahrzeugfestes Gerät, z. B. vorhandener Bordcomputer, erfolgen.
- ▷ Die Kommunikation des Fahrzeugführers zu externen Informationssystemen, z. B. Transportleitzentrale, Verlader, Notrufsystem, erfolgt über öffentliche Netze.

In den nachfolgenden Abbildungen sind die Konfigurationsentwicklungen des Behältermoduls (Bild 4) und des Fahrzeugführermoduls (Bild 5) für den Praxistest gezeigt.

3.3 Technologieauswahl

Grundsätzlich können die Überwachungsdaten von Ladungsbehältern zum Fahrzeugführer auf verschiedenen Wegen übertragen werden (Bild 6):

(1) über ortsgebundene öffentliche Mobilfunknetze d. h. von den Ladungsbehältern zum Mobilfunknetz und zurück zum Fahrzeugführer,
(2) über direkte Funkverbindung zwi-

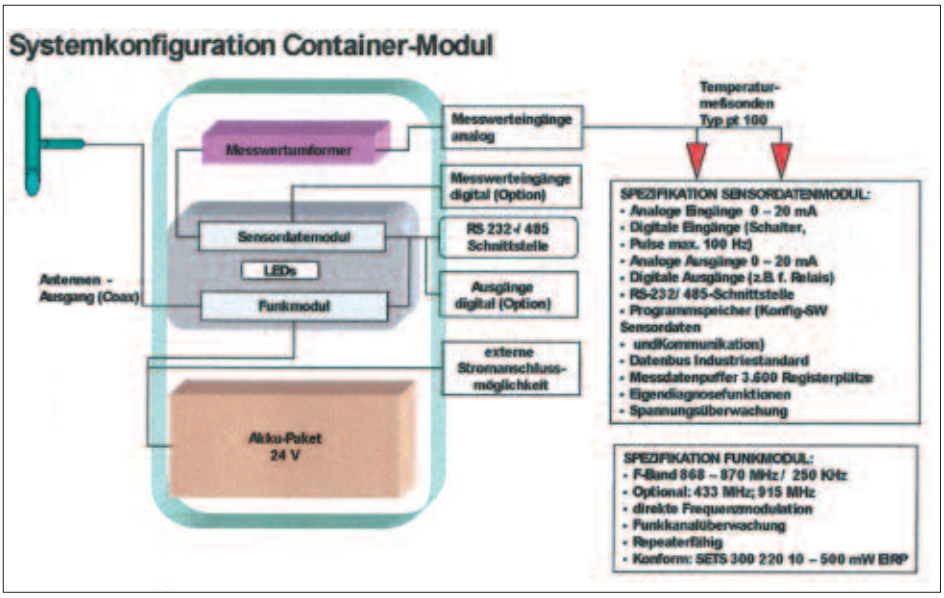


Bild 4: Sensorik-/Telematikmodul

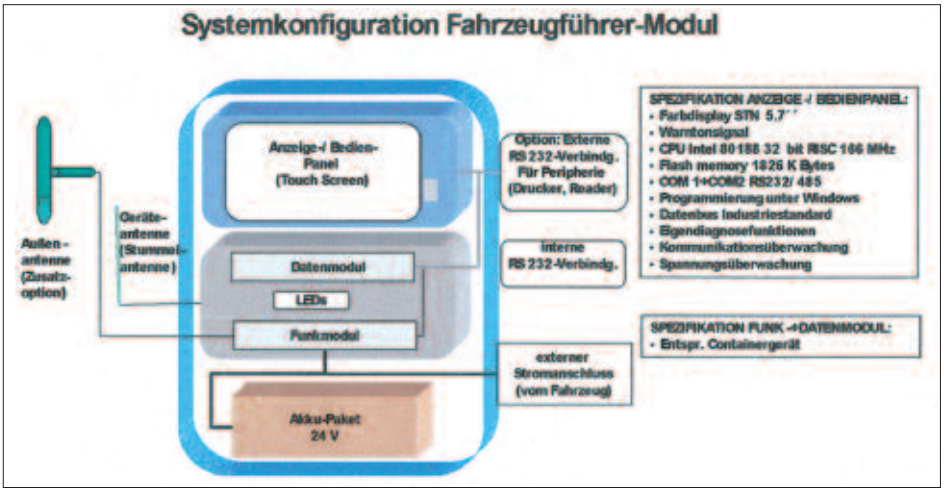


Bild 5: Fahrzeugführer-Monitoringmodul

Radsatzlagereinheiten mit integrierten Sensoren für ERTMS / ETCS

SKF stellt neue Sensorlösungen für die Erfassung von Drehzahl- und Drehrichtung, vertikaler und seitlicher Beschleunigung sowie Lagerzustandserfassung vor. Diese in die Lagereinheiten integrierte Sensoren werden z.B. für die Positionsbestimmung von ERTMS / ETCS Systemen, Brems- und Traktionssteuerungen, Geschwindigkeitserfassung und zur Überwachung der Lagertemperatur verwendet.

In modernen Schienenfahrzeugen sind diese Sensorlagereinheiten inzwischen Standard geworden. SKF hat sich somit auf die Fahrzeugtechnologien der Zukunft auch in Bezug auf Interoperabilität und ERTMS Anforderungen eingestellt. Im Paket mit der Compact TBU Kegelrollen-Lagereinheit bietet SKF ein integriertes Mechatroniksystem.

Ing. Gottfried Kuře

Marketing Director Railway Business Unit. –

Anschrift: SKF Österreich AG, Seitenstettnerstr. 15, A-4400 Steyr.

E-Mail: gottfried.kure@skf.com

Dipl.-Ing. (FH) Stefan Gladeck

Leiter Bereich Schienenfahrzeuge, Verkauf Maschinenbau und Handel. –

Anschrift: SKF GmbH, Gunnar-Wester-Str. 12, D-97421 Schweinfurt.

E-Mail: stefan.gladeck@skf.com

Dipl.-Ing. (FH) Jürgen Schröter

Key Account Manager Bereich Schienenfahrzeuge, Verkauf Maschinenbau und Handel. –

Anschrift: SKF GmbH, Gunnar-Wester-Str. 12, D-97421 Schweinfurt.

E-Mail: juergen.schroeter@skf.com

1 Einleitung

Je mehr Europa zusammenwächst, desto stärker wirkt sich dies auch auf den Schienenverkehr aus. Langstreckenfahrten für Reisende und Gütertransporte werden attraktiver und rentabler, wenn ein nahtloser Verkehr durch Korridore mehrerer Bahnnetze möglich ist. Deswegen werden verschiedene internationale Korridore für Hochgeschwindigkeits- und konventionellen Schienenverkehr eingerichtet und in wichtigen Streckenabschnitten vom European Train Control System (ETCS) gesteuert und überwacht.

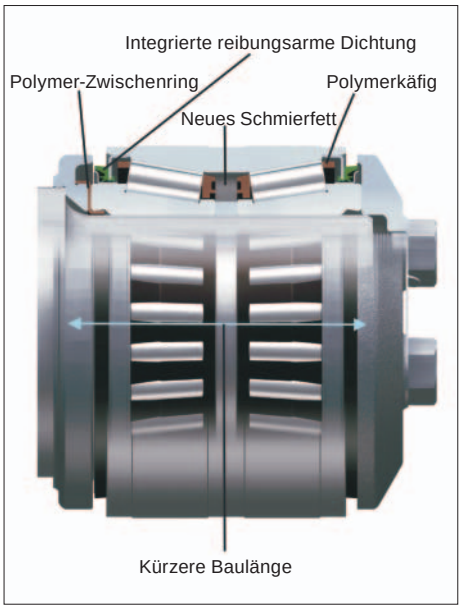


Bild 1: Die wesentlichen Komponenten der Compact Kegelrollen-Lagereinheit

Die Zugsteuerung ist bei allen Transportarten ein Aspekt von zunehmender Bedeutung. Die ökonomischen und ökologischen Vorteile des Schienenverkehrs sind in erheblichem Maße von der Tatsache abhängig, dass Züge von Schienen, Weichen und Übergängen geführt werden. Der Schienenverkehr gewinnt durch die Installation moderner Signale, Zugsteuerungen und Kommunikationssysteme weiter an Effizienz. Sicherheitsrelevante Untersysteme wie das von SKF entwickelte integrierte Sensorsystem für Lagereinheiten tragen hierbei entscheidend zum sicheren Fahrbetrieb bei.

2 Die Compact TBU Kegelrollen-Lagereinheit

Bei Radsatzlagerungen für Schienenfahrzeuge sind Sicherheit und Zuverlässigkeit eine Frage der Konstruktion. Darüber hinaus beeinflusst das Design auch die Kosten über die gesamte Lebensdauer. Als Standardausrüstung setzen viele Hersteller von Schienenfahrzeugen einbaufertige Kegelrollen-Radlagereinheiten (TBU) ein. Die neue kompakte Kegelrollen-Radsatzlagereinheit (CTBU) hat weniger Einzelteile und ermöglicht gewicht- und platzsparendes Bauen sowie eine vereinfachte Gehäusekonstruktion, z.B. im Labyrinthbereich (Bild 1).

Die Lagereinheit verfügt über technisch hochentwickelte Komponenten, die den Eisenbahngesellschaften die erforderliche Zeit zum Reagieren lassen, wenn sich im Betrieb eine Fehlfunktion abzeichnet. Das bedeutet weniger Wartungsaufwand und damit geringere Kosten sowie mehr Sicherheit und Zuverlässigkeit, [1, 2].

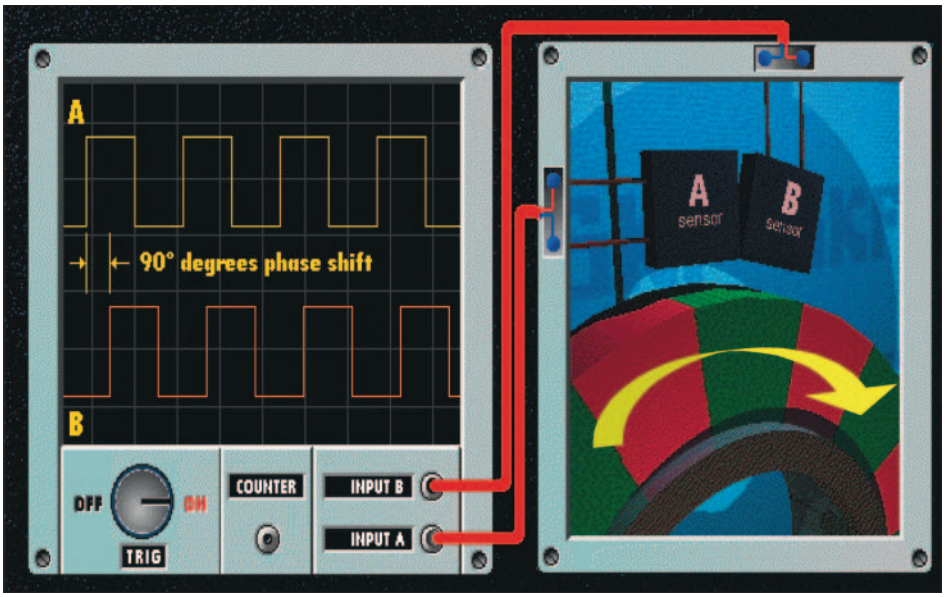


Bild 6: Kontinuierliche Temperaturüberwachung

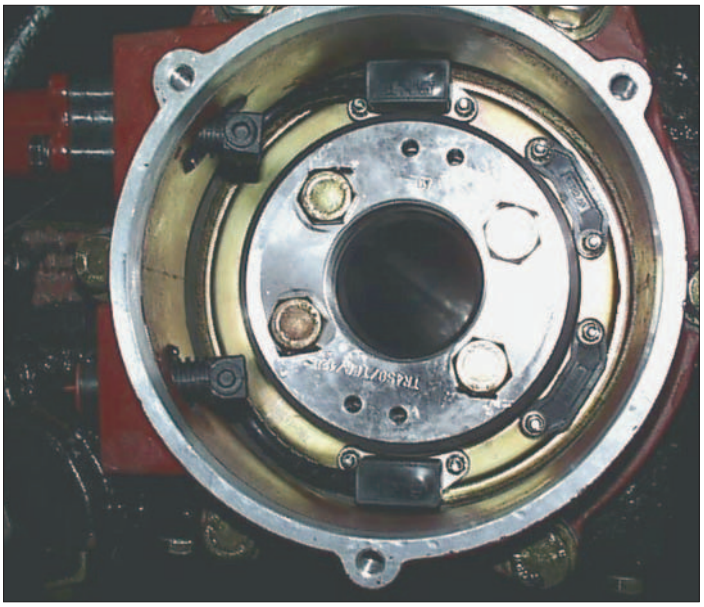


Bild 7: Sensoranwendung für den italienischen Hochgeschwindigkeitszug ETR 500

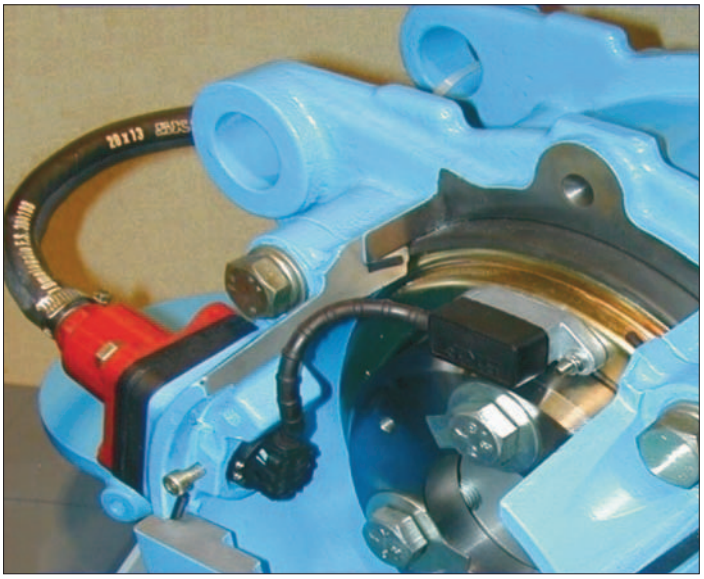


Bild 8: Sensoranwendung für den italienischen Neigezug Pendolino ETR 460

- ▷ Modulare Lösung.
- ▷ Nur ein Anschluss.
- ▷ Einfache Demontage des Radsatzes.
- ▷ Einfache Wartung jedes einzelnen Sensors.
- ▷ Freies Achsenende ermöglicht die Unterbringung eines Erdungskontaktes.

Das Messprinzip basiert auf einer abgedichteten, geschmierten und montagefertigen Kegelrollenlagereinheit (TBU).

Heute sind SKF Achslager mit Sensoren für Drehzahl und Lagerzustandsüberwachung in Hochgeschwindigkeitszügen, Triebwagen, Lokomotiven und Mehrfacheinheiten in mehreren europäischen Ländern im Einsatz. In jeder Anwendung ist die Sensorschnittstelle kundenspezifisch gestaltet [8].

4 Anwendungsbeispiele

4.1 Drehzahlmessung

Die für Gleit- und Schleuderschutzsysteme (WSP Wheel Slide Protection) benötigte Drehzahlmessung wurde mit integrierter Sensortechnik gelöst. Die britischen Turbostar Triebwagen sowie die Straßenbahn Turin und die Metro Guangzhou erhielten TBU Kegelrollen-Lagereinheiten mit integrierten Sensoren von SKF.

4.2 Drehzahl und Geschwindigkeitsanzeige im Führerstand

Die TBU Kegelrollen-Lagereinheiten mit integrierter Sensorik für die Drehzahl- und Geschwindigkeitsanzeige im Führerstand wurde bei allen Pendolino-Neigezügen wie z.B. ETR 460 in Italien sowie weitere Varianten, die in Frankreich, Portugal, in der Schweiz und Slowenien sowie in der Tschechischen Republik eingesetzt werden, angewendet. In Großbritannien wurden die Lokomotiven Class 67 gleichfalls ausgestattet. Die Metros in Prag und Catania sowie die Niederflurstraßenbahnwagen in Linz und Lodz wurden gleichfalls mit dieser Lösung ausgeführt.

4.3 Geschwindigkeit- und Temperaturerfassung

Die Hochgeschwindigkeits-Triebwagen ETR 450 und 500 in Italien wurden mit TBU Kegelrollen-Lagereinheiten mit integrierter Geschwindigkeits- und Temperaturerfassung ausgestattet.

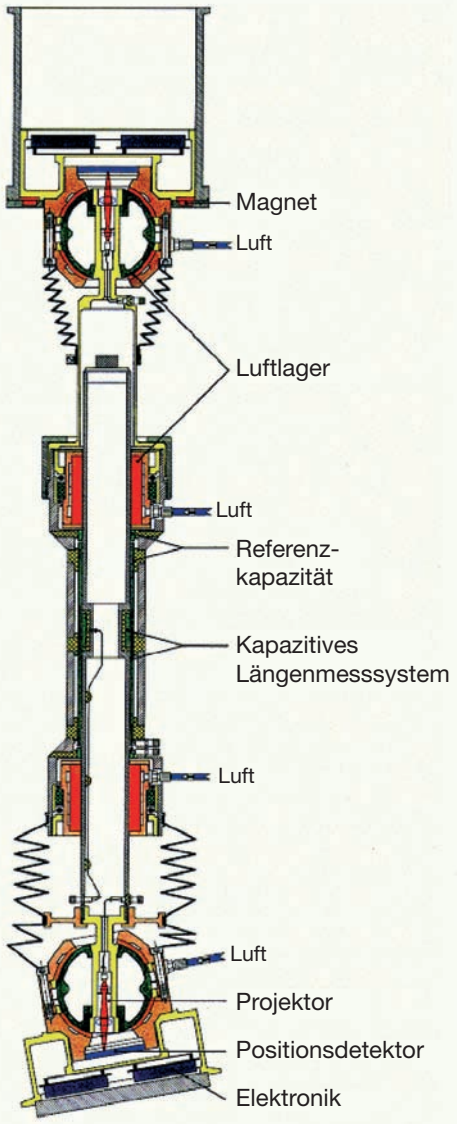
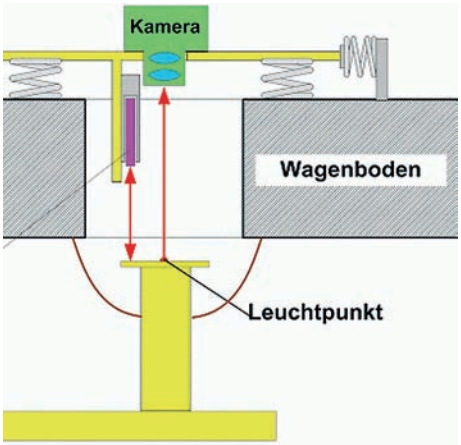


BILD 4: Vektorabstandgeber der OMWE

BILD 5: Kamerasystem des RAILab



OMWE	RAILab
Odometer; Lage-referenz; Interface VME-Rechner unter vxWorks; Sensor 1; Elektronik, Auswertung 19"-Einschub mit Z8000-Rechner; ...; Sensor 11 Indusi-Sensor	Odometer; Lagereferenz; Sensor 1 mit integrierter Ansteuerung und Auswertung durch DSP; ...; Sensor 11 Indusi-Sensor
WSE: VME-Rechner unter versaDos; Geometrierechner: VME-System mit 4 CPUs unter vmeexec und PC mit Windows NT; PC-WSE: Wegsynchronisation auf DOS-PC mit Echtzeiterweiterung	Teilmesssystem Geometrie: VME-System mit 2 CPUs unter vxWorks (Geometriemessung) und VME-PC unter Windows 2000 (SR-Verfahren)
SR-System: VME-System mit 4 CPUs unter UNIX und vmeexec und PC unter Windows NT	Erweiterung: Master, Visualisierung: Server und Standard-PC unter Windows 2000
Zur Geometriemessung insgesamt: 3 PCs in der Messkette; 4 VME-Systeme mit bis zu 4 CPUs mit 11 VME-CPUs insgesamt; 5 unterschiedliche Betriebssysteme; 28 diskrete analoge und digitale Signalwege - bidirektional, parallel/seriell - Ethernet, Lichtleiter; Z8000 Sensorrechner mit spezieller Entwicklungsumgebung	Zur Geometriemessung insgesamt (ohne Erweiterungen): 1 PC in der Messkette; 1 VME-System mit 2 VME-CPUs; 2 unterschiedliche Betriebssysteme; 13 diskrete digitale Signalwege - seriell, Lichtleiter; DSP basierte Sensorrechner

TABELLE 2: Übersicht der strukturellen Änderungen in der Datenverarbeitung

Vereinheitlichung der Verfahren wurde eine effektive Pflege der eigenen Sensorik möglich.
Die Bilder 4 und 5 zeigen als Beispiel die Realisierung der Anschlussmessung zwischen Radsatzlager und Plattform. Deutlich ist der Übergang von komplexen mechanisch fixierten Sensoren (Bild 4) zu berührungslos und damit verschleißfrei messenden Kamerasystemen (Bild 5) zu sehen.

3.2. KREISELSYSTEM

Mit dem Laserkreisel fand das mechanische Kreiselsystem einen Nachfolger, der kaum größer als eine Schuhkarton ist und ohne rotierende Massen auskommt. Daher sind Laserkreisel weitgehend wartungsfrei und lassen sich binnen 20 Minuten in einem Bruchteil der Zeit hochfahren, die mechanische Systeme (8 Stunden) benötigen.
Ebenso wie seine Vorgänger musste ein solches System zuerst an die Einsatzerfordernisse angepasst werden. Doch mit den Einsparungen an Platz und Masse ließen sich weitere Verbesserungen realisieren.

3.3. PLATTFORM

Durch das kleinere Referenzsystem war die den Kreisel vibrationsfrei haltende Plattform im vorhandenen doppelten Fußboden unterzubringen. Mit der Überarbeitung des Plattformkonzepts wurden die in diesem Bereich bestehenden Anschlussmessungen hinterfragt. Sie ermitteln die Stellung der Lagereferenz zur Schienenantastung. Es wurde eine Lösung gefunden, wie die zuvor einzig hier eingesetzten verschleißträchtigen Messverfahren mit ihren kapazitiven Messstrecken, motorischen Nachführungen und komplizierten Lagerungen durch bewährte andere eigene Verfahren und kommerzielle Sensoren ersetzt werden konnten.

3.4. SOFTWARE

Die Software wurde zu einem Gesamtsystem aus Master, Teilmesssystem und Visualisierung überarbeitet. Über die offene Schnittstelle (RAILab-Bus) im Shared- oder ReflectiveMemory (via Ehternet oder Lichtleiter) können nun weitere Messsysteme zur beste-

Die neuen Fahrzeuge: rollende Rechenzentren

2050 wird der Verkehr auf Straße und Schiene vollständig vernetzt und automatisiert sein, meint Jochen Eickholt, CEO Division Mobility bei Siemens. In den nächsten Jahren müssen eine lückenlose Breitbandabdeckung geschaffen und Standards gefunden werden.

1. Welche neuen Anforderungen stellen Digitalisierung/ Bahn 4.0 an die Fahrzeuge und werden sie heute schon mitgedacht/miteingebaut?

Mithilfe der Digitalisierung lassen sich die Kapazität, Flexibilität und vor allem der Kundennutzen deutlich erhöhen. Um dies zu ermöglichen, muss bereits im Entwicklungsprozess angesetzt werden. Ein Beispiel wird der von Siemens gelieferte Rhein-Ruhr-Express (RRX) sein. Wir entwickeln die Fahrzeuge von Beginn an unter Berücksichtigung der digitalen Technik. Wir sprechen gerne vom rollenden Rechenzentrum. Der Zug wird serienmäßig mit zahlreichen Sensoren ausgestattet, die kontinuierlich Betriebs- und Diagnosedaten erfassen. Sie liefern Daten, die den Fahrgästen, aber auch dem Betreiber zugutekommen.

2. Digitalisierung und Bahn 4.0 sind die großen Themen im Bahnsektor. Doch die Mittel für Investitionen sind begrenzt. Was wären aus Ihrer Sicht die wichtigsten Investitionen der kommenden zwei Jahre?

Eine flächendeckende Breitbandversorgung entlang unserer Verkehrsinfrastrukturen und -wege ist notwendige Voraussetzung für viele digitalen Zukunftsthemen und Services in der Mobilitätsbranche. Sie stellt aus unserer Sicht die wichtigste Investition in den nächsten zwei Jahren dar. Die Breitbandversorgung bildet die Grundlage, um den digitalen Datenaustausch in Echtzeit zwischen den Zügen und der Landseite und vice versa herzustellen. Breitband ist der wesentliche Treiber für neue Lösungen im digitalen Zeitalter.

3. Muss sich die Branche auf Plattformen beziehungsweise Standards verständigen?

Das Europäische Zugsicherungssystem ETCS ist mittlerweile der weltweite Standard auf Fernverkehrsstrecken und zunehmend auch im Regionalverkehr. Im Bereich Fahrgastkomfort besteht hinsichtlich Standardisierung Nachholbedarf. Zurzeit sind bei den Schienenfahrzeugen proprietäre Einzelsysteme verbreitet. Standard-Hardware mit Standard-IT-Schnittstellen sowie darauf basierende Software sind unerlässlich für verschiedenste Lösungen für Zugbegleiter und Fahrgäste, ebenso wie eine standardisierte Zug-Land-Schnittstelle. Eine branchenweite Standardisierung würden wir sehr begrüßen.

4. Ist der Güterverkehr durch Automatisierung und Digitalisierung kurz- bis mittelfristig rentabler zu gestalten?

Das automatisierte Fahren im Schienengüterverkehr wird massiv zur Verbesserung von Kosten und Qualität beitragen und damit die Wettbewerbsfähigkeit gegenüber der Straße verbessern. Wir glauben, dass die Frachtanwendung einer der wesentlichen Treiber für die Automatisierung des Systems Schiene ist und sich damit für Pilotierung und Erprobung am besten eignet. Vor allem denkt der Schienengüterverkehr immer in europäischen Dimensionen und ist damit ideal für die interoperable Erprobung, die effiziente Migration und Standardisierung entlang der TEN-T Korridore, in der „Single European Rail Freight Area" der EU. Siemens ist mit strategischen Partnern bereits an der Realisierung von Pilotprojekten beteiligt.

5. Läuft der Bahnsektor Gefahr, durch vollautomatisierte Fahrzeuge auf den Straßen (LKWs wie Personenfahrzeuge) seine bisherigen relativen Vorteile im Wettbewerb der Verkehrsmittel zu verlieren?

Im Gegenteil, unsere Vision bei Siemens für 2050: Der Verkehr auf Straße und Schiene wird vollständig vernetzt und automatisiert sein. Die Digitalisierung ist hier ein wesentlicher Faktor. Vollautomatische Systeme sind auf der Schiene weiter fortgeschritten als auf der Straße. Auf der Straße, auf der wesentlich mehr Freiheitsgrade und Einflüsse bestehen, befindet man sich in weiten Teilen noch im Stadium der Forschung und Entwicklung.

Mailen Sie mir Ihre Meinung:
contact.mobility@siemens.com

Dr. Jochen Eickholt
Chief Executive Officer (CEO) der Division Mobility, Siemens AG

Data Analytics und Data Management für eine zukunftsgerechte Verkehrsplanung

Die Herausforderung ist so alt wie der ÖPV selbst: Wie optimiert man das Angebot an Mobilität, so dass jeder Fahrgast möglichst zeitnah sowie komfortabel an sein Ziel kommt und behält dabei gleichzeitig die Kosten im Griff? Durch die Erfassung von Daten – von AFZ über Smartphone-Tracking bis hin zu urbanen Daten – können Verkehrsbetriebe besser und automatisierter planen. Denn die Planung, basierend auf Vergangenheitsdaten und Vorhersagen (Predictive Analysis), ist ein wichtiger Schritt in Richtung multimedialer Mobilität in den smarten Städten der Zukunft.

▶ Je genauer ein Verkehrsunternehmen weiß, wie die Reiseplanung ihrer Kunden aussieht und inwieweit die zur Verfügung gestellten Mobilitätsservices genutzt werden, umso besser kann es den Einsatz der Fahrzeuge planen und die Services rundherum permanent optimieren. Ziel ist es, Überkapazitäten und unnötige Kosten auf Seiten des Verkehrsbetreibers zu vermeiden und dabei gleichzeitig den Fahrgästen einen Mobilitäts-Service zu bieten, der sich nicht an den Verkehrsmitteln, sondern an den Bedürfnissen der Reisenden orientiert. Wie können Verkehrsunternehmen diesen neuen Herausforderungen gerecht werden?

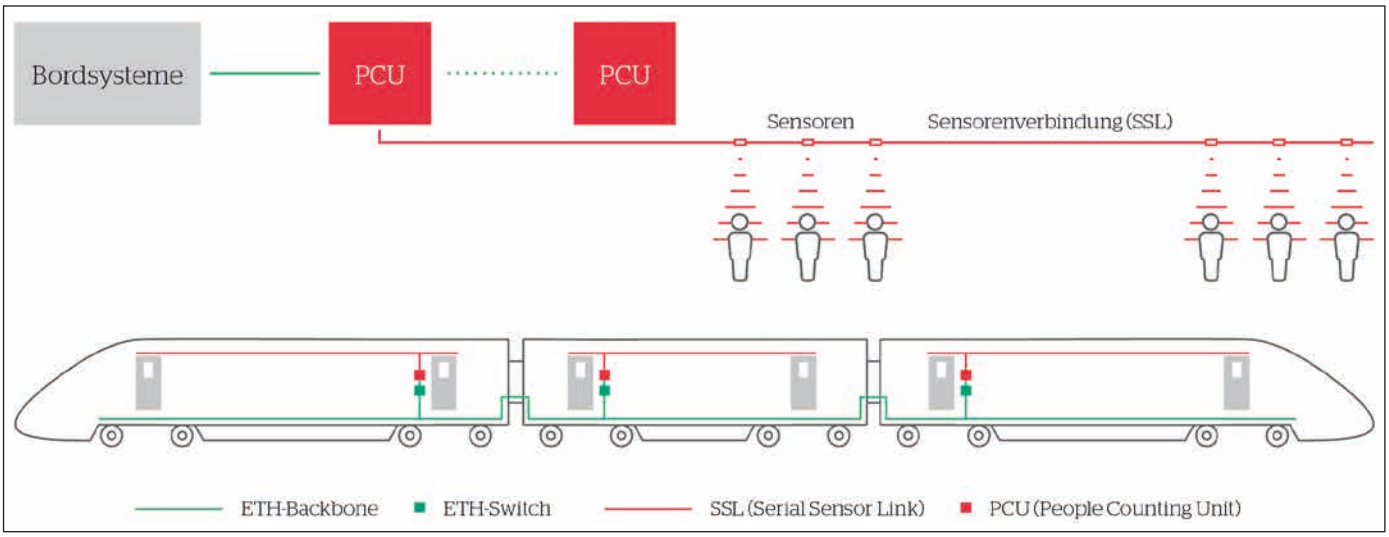
Für eine valide Verkehrsplanung benötigen die Unternehmen Verkehrsdaten. Doch an solch große Mengen an Daten zu kommen, dass deren Auswertung nützliche Ergebnisse liefert, ist nicht trivial. Die Verkehrsbetriebe nutzen in erster Linie automatische Fahrgastzählsysteme (AFZ-Systeme) und Fahrgastbefragungen. Letztere erfordern einen hohen personellen Aufwand, erbringen nur eine begrenzte Menge an Daten und sind, wenn die Auswertung vorliegt, beinahe schon wieder veraltet. AFZ-Daten hingegen bilden heute die Basis für eine datengestützte Bedarfsplanung.

Sassan Schirazi
Business Unit Director
Public Mobility
DILAX Intelcom
Sassan.Schirazi@dilax.com

AFZ – DIE BASIS FÜR MEHR

Sensoren erfassen die Ein- und Aussteiger und geben damit verlässliche Aussagen über die erfolgte Leistung der Fahrgastbeförderung (Personenkilometer). In erster Linie werden diese Informationen zur Ein-

BILD 1: Automatische Fahrgastzählung in Bahnen
Bis zu 16 Sensoren leiten ihre Messergebnisse (Ein- und Aussteiger) über SSL (Serial Sensor Link) an eine PCU (People Counting Unit) weiter. Die PCU kann weitere Daten von übergeordneten Systemen sammeln. Die Informationsquellen werden über bereits vorhandene Netzwerke (ETH-Backbone) im Fahrzeug verbunden (ETH-Switch). Die Übertragung der Daten zur Landseite erfolgt mittels GSM, UMTS oder WLAN über eine fahrzeugeigene Kommunikationseinrichtung wie Router oder direkt über die PCU



auf dem Weg der digitalen Transformation? Wann ist eine Zusammenarbeit zwischen Betreiber und Hersteller besonders wichtig? Das soll im Folgenden anhand einer Datenverarbeitungsstrecke, vom Fahrzeug bis zu den Rechnern und Datenbanken in den Werkstätten oder noch aufzubauenden Analytics-Zentren der Betreiber, beschrieben werden.

Der Aufbau und Betrieb einer Datenverarbeitungsstrecke kann in Teilabschnitte gegliedert werden, die nicht zwingend in einer Hand liegen müssen. Der Einfachheit halber wird im Folgenden davon ausgegangen, dass der Großteil dieser Strecke von einem EVU selbst realisiert wird. Aufbau und Problemstellungen sind jedoch auch in anderen Konstellationen ähnlich oder gleich, wie z. B. beim Zukauf und der Implementierung von Herstellerlösungen oder Datenplattformen von Systemhäusern, Komponentenlieferanten oder Drittanbietern.

Die Datenverarbeitungsstrecke lässt sich, wie in Bild 1 aufgezeigt, in vier Elemente zerlegen. Am Anfang steht das Datensammeln. Zentrales Element der Datenerfassung an Bord des Fahrzeugs sind Telematik-Boxen, die sowohl für das Sammeln (Collect) als auch für das Übermitteln der Daten (Connect) an ein Gateway auf der Landseite zuständig sind. Das Gateway ist im Idealfall der Eingang zu einer Internet of Things (IoT)-Plattform, die sich im Kern durch eine weitestgehend einheitliche und hochgradig zugängliche Datenspeicherung (Store) auszeichnet. Zum einen können an diesem Punkt Cockpits und Dashboards ansetzen, die die gespeicherten und angereicherten Daten darstellen und direkt für Anwendungsfälle (Use Cases) und Prozesse nutzbar machen. Zum anderen kann – aufbauend auf dieser Datenhaltung – eine Analyseumgebung für Ingenieure und Data Scientisten samt ihrer Tools und Prozesse installiert werden. In dieser Umgebung werden weitergehende Erkenntnisse und Informationen gewonnen, beispielsweise über prädiktive und zustandsbasierte Instandhaltung (Create Value).

Ausgangspunkt jeglicher Datenverarbeitung (etwa für eine zustandsbasierte Instandhaltung) ist die Telematik-Box. Sie „hört" mit und zeichnet auf, was auf dem Fahrzeugbus passiert oder was von den Diagnoserechnern, zusätzlichen Sensoren oder Komponenten gesendet wird – das reicht von Fehlerereignissen über die Fahrdrahtspannung bis zur Kühlmitteltemperatur. Bild 2 zeigt einen Überblick über typische Datenquellen, die es auf einem Eisenbahnfahrzeug zu erschließen gilt.

Telematik-Boxen lassen sich heute bereits „von der Stange" kaufen, mit durchaus deutlichen Unterschieden in ihren Eigenschaften

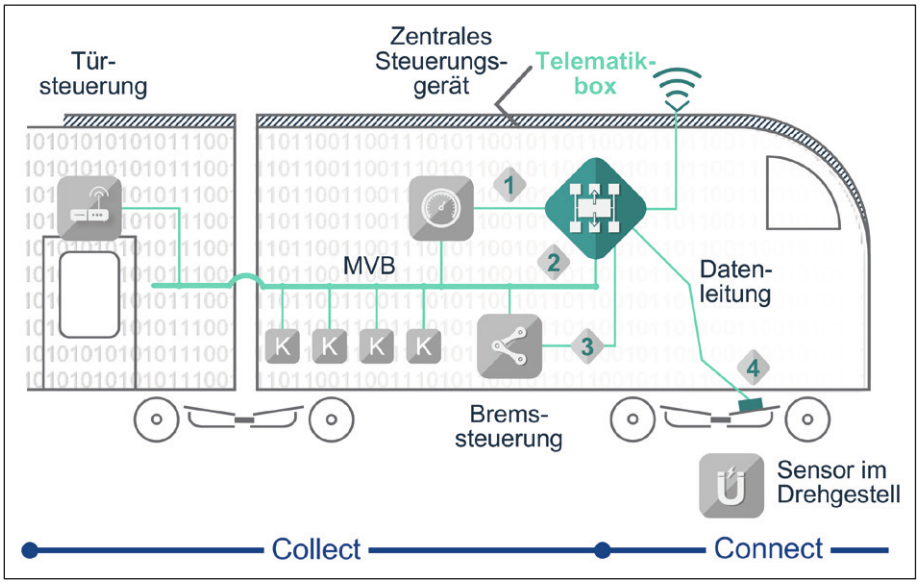


BILD 2: Exemplarische Darstellung unterschiedlicher Datenquellen auf einem Zug: (1) Diagnose-, Prozess- und Sensordaten aus der Zentralsteuerung. (2) Diagnose-, Prozess- und Sensordaten von Bussystemen (hier MVB). (3) Diagnose-, Prozess- und Sensordaten aus Sub-Komponenten. (4) Prozess- und Sensordaten durch zusätzlich angebrachte Logik und Sensorik an bisher durch das Fahrzeug nicht selbst überwachte Komponenten

und Möglichkeiten. Um das Ziel einer möglichst tiefgehenden digitalen Transformation zu erreichen, sollten die Boxen Mindestanforderungen erfüllen: Sie sollten als intelligente Datenplattform auf den Loks und Zügen zum Einsatz kommen, die sich „remote", also von außen und aus der Entfernung, über entsprechende Software-Werkzeuge konfigurieren und steuern lassen. Ergänzend zur Erfassung von Diagnose- und Bus-Daten sollten auch Daten von zusätzlich angebrachter Sensorik von der Box eingelesen werden können, was den Einsatz weiterer Hardware, deren Peripherie und SIM-Karten einspart. Es erscheint zudem sinnvoll, direkt auf der Box Algorithmen zur Datenaggregation und -bewertung zu installieren. So kann der Datenversand zur Landseite auf Fehlermeldungen oder hochkomprimierte Information beschränkt und somit die Datenflut eingedämmt werden. Dazu zählt z.B. die Bildung von Lastkollektiven oder Warnmeldungen für Komponenten, die aufgrund ihrer Volatilität eine sehr hochauflösende Aufzeichnung erfordern. Das ist beispielsweise bei der Überwachung der Fahrwerke oder der Leistungselektronik der Fall.

Zu den unverzichtbaren Eigenschaften der Box gehört ebenfalls, dass sie nicht nur über das Fahrzeug, sondern auch über ihren eigenen Zustand wacht und diesen mitteilt. Sie sollte weiterarbeiten, wenn das Fahrzeug abgestellt ist, regelmäßig Lebenszeichen und Statusmeldungen abgeben sowie verspätete Datenabgaben aufgrund technischer Probleme für eine nachträgliche Plausibilitätskontrolle automatisch protokollieren.

Sowohl Diagnose- als auch Prozess- und Sensordaten der Fahrzeugsteuerung bilden einen umfangreichen und wertvollen Pool an Daten, auf die ein umfassender Digitalisierungsansatz im Sinne eines „Enablers" nicht verzichten kann. Jedoch bleiben diese Datenquellen zunächst meist unverständlich und verschlossen. Erst das Know-how über die inhaltliche Bedeutung der Daten sowie deren IT-technische Dekodierung mithilfe von Protokollen vom Fahrzeugbus, über Listen von Konnektoren oder Tabellen mit Diagnosecodes, eröffnet den Zugang zu den Daten und ihrer sinnvollen Nutzung und erspart ein extrem aufwendiges Re-Engineering. In der Praxis zeigt sich immer wieder, dass an dieser Stelle eine grundlegende neuartige Zusammenarbeit zwischen Fahrzeughersteller und EVU erforderlich wird. Die Informationen zur inhaltlichen Bedeutung und Dekodierung der Daten geben Einblick in die technischen Abläufe des Fahrzeugs und Auskunft über den Zustand von Subsystemen und Komponenten. Diesen Zugang gewähren Hersteller ihren Kunden bisher äußerst ungern, denn: eine allzu große Offenheit kann möglicherweise dazu führen, dass der gewährte Blick in das Fahrzeug so tief ausfällt, dass vielleicht sogar systembedingte Schwachstellen offenbart werden. Die EVUs hingegen haben Bedenken, die auf ihren Fahrzeugen im Betrieb gesammelten Daten dem Lieferanten zur Verfügung zu stellen, da diese als Nebenprodukt auch Analysen zu Einsatzfahrten und Wettbewerbsfähigkeit ermöglichen.

Soll jedoch die Digitalisierung zu beiderseitigem Nutzen von Hersteller und Betrei- »

Güterwagen 4.0 – Der Güterwagen für das Internet der Dinge

Teil 2: Ausgewählte technische Aspekte und Prozesse

Automatisches und autonomes Fahren ist im Straßen- wie im Schienenverkehr in aller Munde. Der Automatisierung der Nebenprozesse, insbesondere im Schienengüterverkehr, wird dabei weniger Aufmerksamkeit gewidmet. Wir zeigen eine Eintwicklungs-Roadmap und Ideen zur Umsetzung ausgewählter Aspekte.

Professor Dr. Raphael Pfaff
Lehrgebiet Schienenfahrzeugtechnik der FH Aachen
Pfaff@fh-aachen.de

Professor Dr.-Ing. Manfred Enning
Lehrgebiet Bahnsystemtechnik der FH Aachen
Enning@fh-aachen.de

EINLEITUNG

Im ersten Teil des Beitrags über das Konzept „Güterwagen 4.0" [1] wurde das wirtschaftliche Umfeld diskutiert, das den Güterwagen 4.0 notwendig macht. Erste Anwendungsbeispiele wurden aufgezeigt, die auf den Betrieb an der Ladestelle und auf der „Letzten Meile" fokussierten. Im zweiten Teil des Beitrags wird stärker auf die technischen Aspekte eingegangen und das vor allem für die Stärkung des Einzelwagenverkehrs bedeutsame Potenzial für einen effizienteren Betrieb von Zugbildungsanlagen diskutiert.

TECHNOLOGIE-ROADMAP

Den Güterwagen als Objekt im Internet der Dinge zu betrachten hat als Fernziel die Automatisierung aller Prozesse im Schienengüterverkehr. In Bild 1 ist dargestellt, welche Entwicklungsschritte dazu notwendig sind.

HEUTE – TELEMATIK AM GÜTERWAGEN

Die Ausrüstung von Güterwagen mit Telematik-Systemen nimmt derzeit zu [2]. Innerhalb weniger Jahre wird die Mehrzahl der produktiv eingesetzten Wagen über eine Telematik-Grundausstattung verfügen. Aufgrund eingeschränkter Energieversorgung können Daten nicht mit hoher Abtastrate aufgenommen werden, auch die regelmäßige bidirektionale Übermittlung von Daten und Zuständen ist nicht möglich. Damit kann bei den derzeit am Markt befindlichen Telematik-Systemen nicht von einer Anbindung an das Internet der Dinge (Internet of Things, IoT) gesprochen werden.

MORGEN – GÜTERWAGEN 4.0

Der Güterwagen 4.0 (GW40) erweitert die Telematikfähigkeiten um eine Aktorik sämtlicher heute handbedienter Fahrzeugfunktionen. Das erfordert Energie, die durch Radsatzgeneratoren bereitgestellt werden kann. Gleichzeitig ist die Energieverfügbarkeit auch der Schlüssel zur Erweiterung der Telematikfähigkeiten in Richtung Echtzeit-Zug-Monitoring.

Erste Schritte im Bereich Echtzeit-Monitoring sind beim 5L-Zug der SBB zu beobachten, hier wird dank Stromversorgung durch Radsatzgeneratoren eine große Menge von Daten und Zuständen mit hoher Abtastrate erfasst [3].

Beim GW40 werden mit Hilfe der Wagen-zu-Wagen-Kommunikation intelligente Wagengruppen gebildet, die ihre Zugreihung automatisch ermitteln und Einstell- und Kontrollaufgaben weitgehend selbständig durchführen. Für viele Einsatzbereiche wird es außerdem zweckmäßig sein, die Fähigkeiten durch einfache Rangierantriebe zu erweitern.

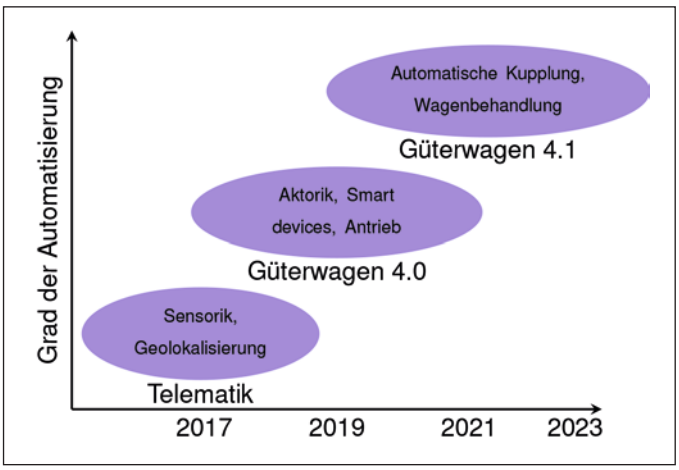


BILD 1: Technologie-Roadmap für die Vollautomatisierung aller Prozesse im Güterverkehr

(Quelle: eigene Darstellung, Pfaff)

KOMMUNIKATION UND DIGITALE IDENTITÄT

Die Grundstruktur des IT-Systems des GW40 (Bild 2) entspricht einer klassischen Automatisierungslösung. Ein oder zwei zentrale Rechenknoten kommunizieren mit allen