

# ZUR SICHERHEIT IM EISENBAHNBETRIEB

Ostermann, N., Schöbel, A.; TU WIEN

## 1. EINLEITUNG

Die Eisenbahn gilt seit ihrer Entstehung – vor allem jedoch ab der Entwicklung des sie konkurrenzierenden Straßen- oder Luftverkehrs – als besonders sicheres Verkehrsmittel. Als wichtigste der Sicherheit dienenden Unterscheidungsmerkmale zum sonstigen Landverkehr - in erster Linie also zum Straßenverkehr – gelten

- die Spurführung und die damit ermöglichte Zugsbildung
- das Fahren im Raumabstand durch geeignete Sicherheitseinrichtungen an Strecke und Fahrzeugen sowie
- der geplante Betriebsablauf, welcher sich durch einen geordneten Zugang zum Streckennetz und einen vorhandenen Fahrplan auszeichnet.

Was ist aber nun Sicherheit? In Zusammenhang mit großen, bewegten Massen, wie sie bei der Eisenbahn zu finden sind, erscheint dieser Begriff in erster Linie als Lüge, da unser Sprachgebrauch als Spiegel des antropozentrischen Weltbildes Wahrheit nur beschränkt abbildet. Treffender wäre vielleicht der Begriff „Gefährdungsniveau“ so wie er auch in den Europäischen Normen EN 50126 [CEN99], 50128 [CEN00] und 50129 [CEN02] gebraucht wird. Denn Sicherheit im absoluten Sinne bezeichnet einen Zustand, in dem keine Gefahren zu fürchten sind. Bezogen auf den Eisenbahnbetrieb ist dieser Zustand natürlich nie – auch nicht mit unbegrenzten Geldmitteln – erreichbar. Der sichere Betrieb kann daher immer nur eine bedingte Zielsetzung sein. Dieser Zielsetzung wurde bisher zwar weitgehend Genüge getan. Künftige Entwicklungen sind jedoch in der Vergangenheit nur beschränkt abbildbar. Es ist daher mit Veränderungen der Einflußfaktoren auf das Gefährdungsniveau zu rechnen.

Es ist erklärtes Ziel der Verkehrspolitik, auf eine intensive Nutzung der Bahn zu drängen – Stichwort Optimierung des Modal-split für die Bahn → Dichter fahrende stark besetzte Züge bergen die Gefahr von Schadensereignissen großen Ausmaßes.

- Die Planung und Errichtung neuer Strecken, die zu einem größeren Teil als bisher unterirdisch verlaufen, erlauben einen Eisenbahnbetrieb mit höheren Fahrgeschwindigkeiten.

- Die Öffentlichkeit reagiert sensibler als bisher in Sicherheitsfragen, nach Unfällen steht sofort die Frage nach Schuld und Verantwortung im Vordergrund.

## **2. DIE VERANLASSUNG**

Die Veranlassung, dieses Thema zu behandeln kann auf dreie Aspekte zurückgeführt werden.

Es sind dies:

- die vorhandene Eisenbahnsicherungstechnik
- dazugehörige Parameter und Trends sowie
- die quantitative Risikoanalyse

Die vorhandene Sicherungstechnik ist das Ergebnis einer jahrzehntelangen Entwicklung und hat neben der ursprünglichen Aufgabe – nämlich der Sicherung des Fahrweges (Stichwort: Bremsweg > Sichtweite) – einige weitere, die Betriebsführung erleichternde Aufgabenstellungen dazu erhalten. Räumlich hierarchisch gegliedert, entgegengesetzt der historischen Entwicklung, lassen sich diese Anteile folgendermaßen aufzählen:

- Dispositive Aufgaben (also Aufgaben der Betriebsführung)
- Steuerung und Sicherung von Transportabläufen (RZÜ)
- Fahrwegsicherung
- Zugsicherung

Es sei an dieser Stelle bemerkt, daß einem großen Anteil der Entwicklungen von Anfang an, geprägt von großer Weitsicht, das sogenannte „Fail-Safe-Prinzip“ zugrunde gelegt wurde, ein Prinzip also, das vereinfacht ausgedrückt technische Vorrichtungen im Störfall stets zur sicheren Seite hin reagieren läßt.

Die kurz erwähnte Entwicklung der Sicherungstechnik ist ein dynamischer Prozess und noch nicht abgeschlossen. Er wird von Parametern gesteuert und unterliegt verschiedenen Trends, deren stärkster wohl die fortschreitende Automatisierung des Betriebes sein dürfte. Hierbei gilt es zu beachten, daß durch diesen Trend die Schnittstelle zwischen Maschine und Mensch immer weiter verschoben wird, aber letztlich noch immer ein Mensch mit der vom technischen System gelieferten Information richtig umgehen muß.

Der dritte Aspekt ist die sogenannte „quantitative Risikoanalyse“, deren Grundzüge qualitativ in Form der Risikomatrix der EN 50126 für das gesamte Eisenbahnwesen Gültigkeit besitzen. Es ist dies ein probabilistisches Verfahren zur Bestimmung des Sicherheitsniveaus einer Eisenbahnstrecke und dient insbesondere der Behörde als Entscheidungsgrundlage in Genehmigungsverfahren, wobei auch der zukünftige Infrastrukturbetreiber aus unternehmerischer Sicht sich in diesen Prozeß einbringen soll. Kernstück der Analyse ist die monetäre Bewertung der Wirksamkeit von unterschiedlich kategorisierten Maßnahmen. Das Ergebnis einer solchen Untersuchung ist das Aufzeigen eines Restrisikos, welches sich aufgrund der unterstellten Unfallszenarien und nach Realisierung des wirtschaftlich optimalen, also einem Grenzkostenkriterium entsprechenden Maßnahmenpaket ergibt. Ein guter Teil unserer sogenannten Restrisiken verbleibt, weil Zusammenstöße von Zügen nicht ausschließbar sind, ob aus Gründen der Lichtraumverletzung oder gar wegen einer Entgleisung, sei zunächst dahingestellt. Hier zeigt sich die Tatsache, daß keine 100 % Sicherheit jemals erreichbar ist – auch nicht bei unbeschränktem monetärem Aufwendungsvermögen.

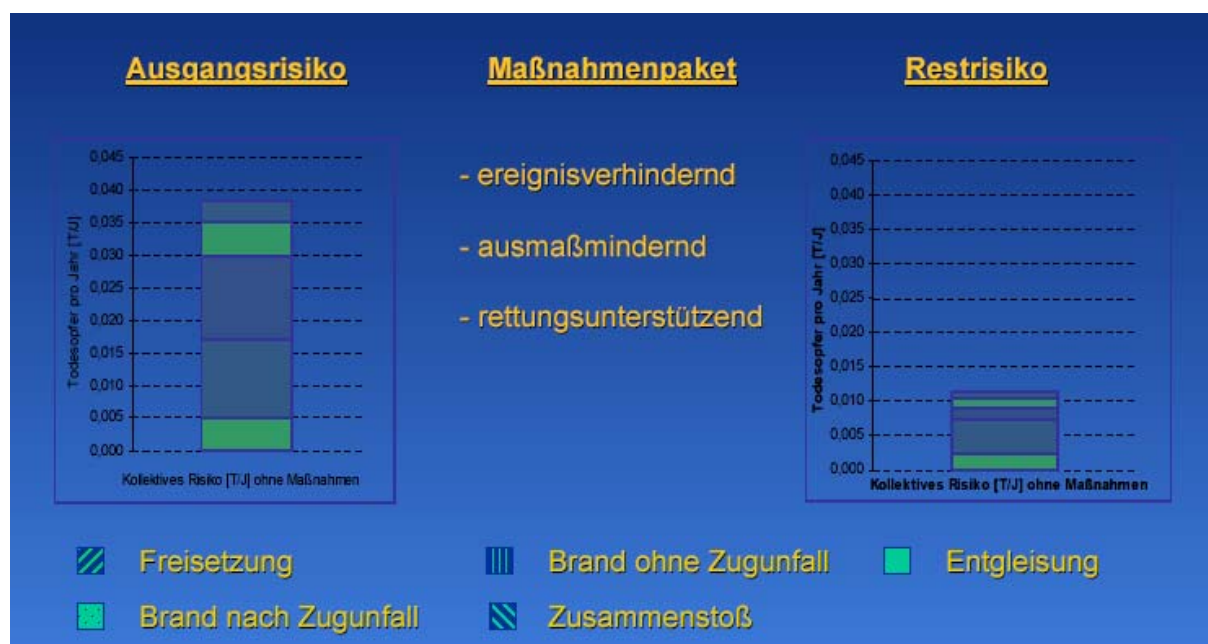


Abb.1. Risikoreduktion am Beispiel einer quantitativen Risikoanalyse

### **3. SICHERHEITSEINRICHTUNGEN**

#### **3.1. Betriebskomponenten**

##### **3.1.1 Zugsicherung**

Als erstes seien an dieser Stelle die Betriebskomponenten der Zugsicherung genannt. Aufgabe der Zugsicherung ist es, Fahrgeschwindigkeit und Abstände der Fahrzeuge zu überwachen. Dies geschieht bisher in bekannter Technik bis zu einer Fahrgeschwindigkeit von 160 km/h mittels streckenseitiger ortsfester Signale und fahrzeugseitig durch Reaktion des Tfz-Führers, überwacht oftmals, aber nicht immer, durch die induktive Zugsicherung INDUSI.

Für Fahrgeschwindigkeiten von mehr als 160 km/h reicht dieses System nach den bisherigen Erfahrungen nicht mehr aus, da insbesondere das einwandfreie Erkennen der Signalbilder nicht gewährleistet ist. Es wurde daher die Signalisierung der zulässigen Fahrgeschwindigkeit im Führerstand eingeführt und damit auch deren Einhaltung überwachbar. Die in Deutschland und Österreich verbreitete Linienzugbeeinflussung (LZB) kann – im Gegensatz zu punktförmigen Einrichtungen (ZUB 100, ZUB 120) - kontinuierlich Informationen zwischen Fahrweg und Tfz in beiden Richtungen austauschen und ist daher zu jedem Zeitpunkt in der Lage, z.B. Bremsbefehle zu übertragen und automatisch umzusetzen.

Eine ganz wichtige, dem Ziel der uneingeschränkten Einsetzbarkeit von Tfz, Weiterentwicklung stellen das European Rail Traffic Management System bzw. European Train Control System (ERTMS/ETCS) dar. Es wird damit, aufsetzend auf die bisherige Haupt/Vorsignalphilosophie eine stufenweise (Level 1 – Level 4) Erneuerung und Vereinheitlichung der Zugbeeinflussungssysteme geschaffen, die im letzten Schritt eine funkbasierte Datenübertragung vorsieht.

##### **3.1.2 Fahrwegsicherung**

Sowohl für den Bahnhofsbereich als auch für die freie Strecke werden unterschiedlichste Bauformen der Stellwerkstechnik verwendet. Ermöglicht wird diese Fahrstraßensicherung inklusive der Ausschließung sogenannter „feindlicher Fahrstraßen“ durch Gleisfreimeldeanlagen unterschiedlicher Funktionsweise, die jedoch allesamt den früher notwendigen, menschlichen Augenschein ersetzen. Als logische Grundsätze gelten der sogenannte „Folgefahrschutz“ sowie der „Gegenfahrschutz“. Bei der technischen Realisierung

sind grundsätzlich zwei Bauformen zu unterscheiden: die eine des nicht selbsttätigen Streckenblockes (Felderblock oder Relaisblock), die andere des selbsttätigen Streckenblocks in der Ausführung als Selbstblock oder Zentralblock.

### 3.2. Infrastruktur

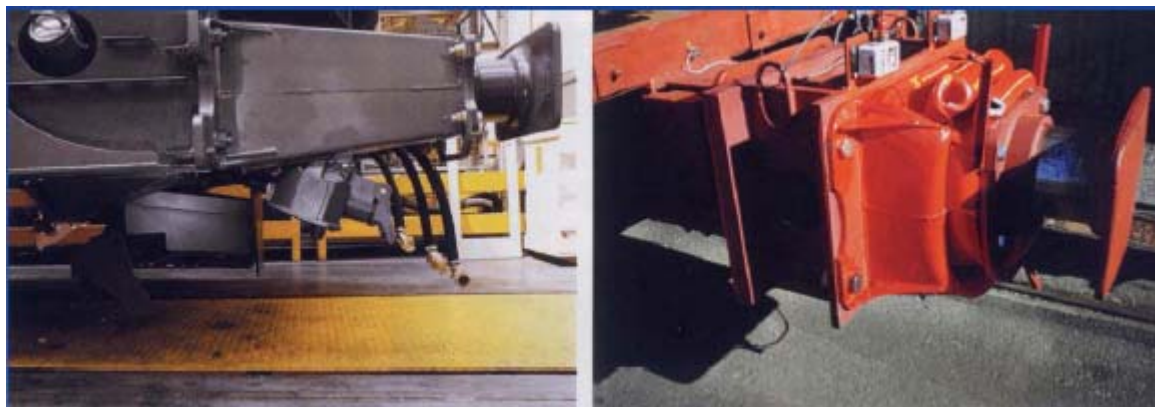
Aber auch die Infrastruktur enthält implizit sicherheitstechnische Anteile, die Erwähnung verdienen. So ist beispielsweise die **Längsneigung** von Ladegleisen in der Regel auf  $< 2,5$  Promille beschränkt. Dies natürlich mit der Absicht, sich aufwendige Einrichtungen zur Verhinderung des Entrollens abgestellter Wagen zu ersparen. Ähnliches finden wir bei den **Bogenverhältnissen**. Aus Erhaltungs – und Komfortgründen werden die Rampenneigungen in den Übergangsbögen extrem flach gehalten. 1:10 v stellen als Untergrenze daher schon eine respektable Reserve dar zu einem Grenzwert von 1:280, der in Oberbauvorschriften Pkt. 5.3.0.2. als Eingriffsschwelle für Erhaltungsarbeiten und somit als Grenze zur Entgleisungssicherheit genannt wird. Ähnliche Reserven finden wir bei der Bemessung der Querbeschleunigung während der Bogenfahrt, da das Kippen eines Fahrzeuges – quasistatisch betrachtet – natürlich erst eintritt, wenn die Resultierende aus Flieh- und Erdbeschleunigung den Bereich zwischen den Schienen nach Bogenaußen verlässt.

Schlußendlich ist auch der geforderte **Gleisabstand** zwischen Strecken- und Bahnhofsgleisen zu nennen. Waren in der Vergangenheit 4,0m auf der freien Strecke und 4,75m im Bahnhofsbereich bisher die Regel, so ließen der erweiterte Regellichtraum ERL sowie aerodynamische Überlegungen im Zusammenhang mit der Erhöhung der Fahrgeschwindigkeiten die Forderung nach 4,70m Gleisabstand entstehen. Als eindrucksvolles Beispiel für einen erhöhten Gleisabstand zum militärischen Schutz von strategisch wichtigen Eisenbahnbrücken über Gewässer zeigen sich die jeweils eingleisig ausgeführten Brückenobjekte bei der Transsibirischen Eisenbahn.

### 3.3. Fahrzeugkomponenten

Nicht nur der Vollständigkeit halber sind auch Fahrzeugkomponenten zu nennen, die der Sicherheit dienen. Es ist vor allem die Druckluftbremse, die ein hervorragendes Beispiel für das fail-safe-Prinzip darstellt und sich seit jeher bewährt hat. Ebenso sind aber auch konstruktive Maßnahmen z.B. an Kesselwagen, Teilung der Füllvolumina, doppelwandige

Ausführung der Kessel und anderes mehr zu nennen. Hervorzuheben sind auch Stoßverzehreinrichtungen an Containertragwagen zur Vermeidung von Beschädigung und Verschiebung von Ladegut wie auch neuerdings an Triebfahrzeugen um die teure Bordelektronik vor den Kollisionsfolgen zumindest bei kleineren Geschwindigkeiten besser zu schützen.



**Abb.2. Stoßverzehreinrichtungen bei der BR 1016 der ÖBB.**

#### **4. MÄNGEL IM SYSTEM**

Nach diesem Überblick zeigt sich die Welt der Betriebssicherheit in relativer Ordnung. Dennoch geschehen immer wieder Unfälle, die mehr oder weniger erhebliches Medienecho hervorrufen. Es muss also Mängel in diesem System geben, die öffentliche Aufmerksamkeit erregen. Es sollen diese Mängel vorsichtig auf drei Punkte gebracht werden.

Es sind dies:

- Das menschliche Versagen
- Die außergewöhnlichen Betriebszustände und
- die Überwachung des fahrenden Zuges

##### **4.1. Zum menschlichen Versagen**

Dieser Begriff ist eigentlich irreführend, weil stets mit Schuldzuweisung verbunden. Es wäre schon wert, einmal zu prüfen, ob menschliches Versagen immer dann zu finden ist, wenn ein Verstoß gegen eine Dienstvorschrift zu einem Unfall führt? Ist es nicht ein Systemversagen, wenn es dem Tzf- Führer im Bhf. Brühl gelingen kann, seinen Zug wieder so zu beschleunigen, daß er auch ohne Gleis den Bahnhof wieder verlässt? Gerade diese Unfallursache, die auch in Österreich in den letzten Jahren zu großem Aufsehen geführt hat, zeigt die Labilität des Systems an der Schnittstelle Mensch-Maschine.

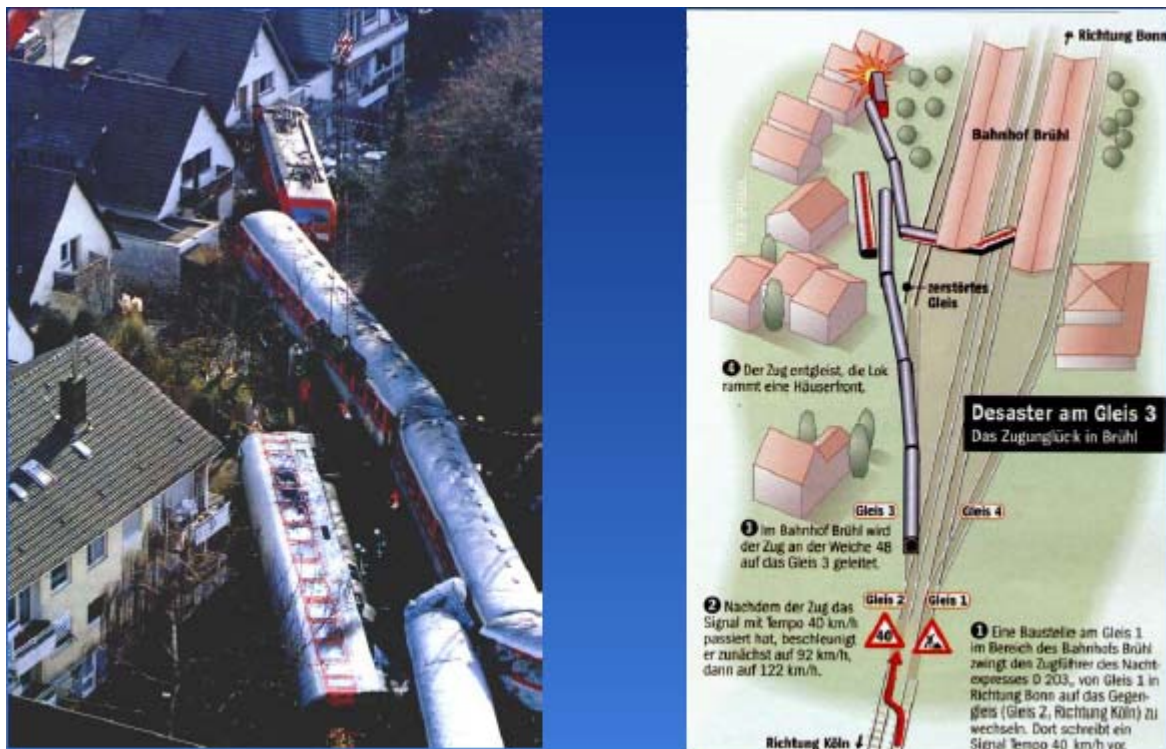


Abb.3. Der Unfall zu Brühl

Eine systematische Ursachenanalyse [Ste02] des Zugunglückes „Ladbroke Grove“ vom 5.10.99, das oberflächlich betrachtet nach „menschlichem Versagen“ aussieht, zeigt an die 30 Grundursachen für diesen Unfall auf. Dieser Unfall ist kein Einzelfall, was die Anzahl an Ursachen betrifft, sondern besitzt lediglich exemplarischen Charakter, wie auch andere Analysen des Zugunglücks bei Brühl [Bri03] gezeigt haben. Das Wesen eisenbahntechnischer Unfallberichte konzentriert sich eher auf eine pragmatische Sicht der Ereignisse, so werden häufig nur wenige und direkte Faktoren beschrieben, die dann in Medien veröffentlicht werden.

Der Faktor „Mensch“ in der Bedienung sicherheitsrelevanter Prozesse wurde auch schon in anderen Disziplinen z.B. Kernkraftwerkstechnik untersucht. Für die Eisenbahn – und hier im Besonderen unter Beachtung des Mensch-Maschine-Systems – hat [Hin96] unter Verwendung des psychologischen Modells zur menschlichen Informationsverarbeitung nach [Ras79] und der umfangreichen Untersuchungen von [SG83] Werte für die menschliche Fehlerrate in einem sicherheitlichen Mensch-Maschine-System errechnet. Bei Betrachtung dieser Werte fällt auf, daß bei Streß durch Überforderung genau wie bei Unterforderung die Fehlerrate gleichermaßen ansteigt. Besonders signifikant wirken sich die Umweltbedingungen auf die Fehlerrate aus: unabhängig vom Schwierigkeitsgrad der Informationsverarbeitung liegt ein Faktor 5 zwischen günstigen und ungünstigen Umweltbedingungen bei der

Fehlerrate. Der Ersatz des Menschen durch einen Automaten im Sinne einer Automatisierung erscheint aus dieser Perspektive als einzige Lösung. Betrachtet man aber Unfallursachenberichte genauer, so zeigt sich daß, die Kategorie der indirekten Ursachen einen großen Stellenwert einnimmt, die aber nicht durch Automatisierung beherrschbar sind. Die drei wesentlichen Hauptkategorien der indirekten Ursachen können nach [Lev01] folgendermaßen benannt werden:

- Schwächen in der Sicherheitskultur: so z.B.: Selbstzufriedenheit, übermäßiges Vertrauen in Automatisierungstechnik
- ineffektive Organisationsstruktur und Kommunikation: z.B. ungeeignete Zuordnung von Verantwortung und Zuständigkeit
- ineffektive oder ungeeignete technische Maßnahmen: z.B. ungeeignete Spezifikationen.

In der Realität treten meist Kombinationen der oben genannten Faktoren auf, wobei bei Fehlen eines Faktors bereits ein Unfall nicht aufgetreten wäre. Aus dieser Überlegung lassen sich zwei Schlüsse ableiten [Bra04]:

- es ist nicht nötig, perfekt zu sein, d.h. bis zu einem gewissen Maß können Fehler toleriert werden. Es dürfen nur nicht zu viele unfallträchtige Faktoren zusammenkommen, und aus Fehlern muß gelernt werden.
- es ist nützlich zu wissen, welche Faktoren häufig vorkommen, da die Definition und Umsetzung von Gegenmaßnahmen bezüglich dieser Faktoren am wichtigsten ist.

#### **4.2 Zu den außergewöhnlichen Betriebszuständen**

Eine weitere Schwachstelle sind „außergewöhnliche“ Betriebszustände:

- Muren - und Lawinenabgänge die gerade im alpinen Raum immer wieder eintreten oder
- Baumaßnahmen in Bahnhöfen oder an Strecken, die die Aufhebung der Signalabhängigkeit bedingen,

Risikoanalysen, wie sie etwa für Tunnelanlagen auch in Behördenverfahren gefordert werden und dort auch hilfreich sind für Risk- und Krisenmanagement, existieren nur vereinzelt für spezielle Anwendungsfälle oder werden meist erst nach einem Ereignis in Form eines Gutachtens erstellt. Gerade bei diesen Untersuchungen stellt sich die Frage des zulässigen und tolerierbaren Risikos. Je nach Wahl des zugrundegelegten Akzeptanzkriteriums variieren die Anforderungen an die technischen Systeme sehr stark [vgl. Sch04].



### 4.3 Überwachung des fahrenden Zuges

Nach den bisherigen Ausführungen erscheint es vielleicht paradox, in der Überwachung des fahrenden Zugs Mängel zu vermuten. Um die Sache auf den Punkt zu bringen: Mit der Abfahrt aus dem Bahnhof fehlt die kontinuierliche Erfassung und Beobachtung des Zuglaufes im Gleis. Sehr wohl gibt es für spezielle Gütertransporte (weil temperaturkritisch oder stoßempfindlich) fahrzeugseitige Detektionsanlagen, aber für den größten Teil der Fahrzeuge erfolgt eine augenscheinliche Zugbeobachtung nur an singulären Punkten in einem Eisenbahnnetz, wo Personal aus Gründen der Sicherung der Zugsfahrt stationiert ist. Entgleisungen, die von ortsfest stationiertem Personal nicht beobachtet werden, sind also möglich. Die Weiterfahrt erfolgt dann solange bis der Zug zerreißt und anhält, weil die automatische Bremse funktioniert hat. Verfolgt man die Systematik solcher Ereignisse so lassen sich vielfältigste Abläufe rekonstruieren, die nur in den wenigsten Fällen nach dem gleichen Schema ablaufen. Ein gutes Beispiel ist der sogenannte „Heißläufer“: aufgrund der Häufigkeit seines Auftretens und der damit oftmals hohen Schadenssummen läßt sich relativ einfach ein flächendeckendes Ausbaukonzept finanzieren. Bei anderen Unregelmäßigkeiten wie etwa der Brand eines Ladegutes zeigen sich sehr schnell Grenzen der infrastrukturseitigen, flächendeckenden Überwachung.

Zur Thematik der Zuglaufbeobachtung müssen folgende Tendenzen beachtet werden:

- Die angestrebte Produktionssteigerung läßt Personal mit Beobachtungsaufgaben entlang der Strecke verschwinden. Die Bereiche, in denen der Betrieb ferngesteuert abgewickelt wird, nehmen immer mehr zu.
- Der Netzzugang für Dritte, die unter enormem Kostendruck stehen, wird zur Regel. Die notwendige Pflege des Rollmaterials steht unter demselben Druck.
- Zugdichten und Fahrgeschwindigkeit steigen, ebenso in Folge zwangsläufig Unfallhäufigkeit und Schwere.

Zwischen Rad und Schiene wird eine Materialschlacht geführt ohne besondere Rücksichtnahme auf rheologische Eigenschaften oder physikalische Grenzen.

Welche Abhilfe ist also in Sicht, wie könnte eine Substitution der künftig entfallenden, risikoanalytisch bisher überhaupt nicht festgemachten Beiträge der bisherigen Unternehmensorganisation zur Betriebssicherheit aussehen.

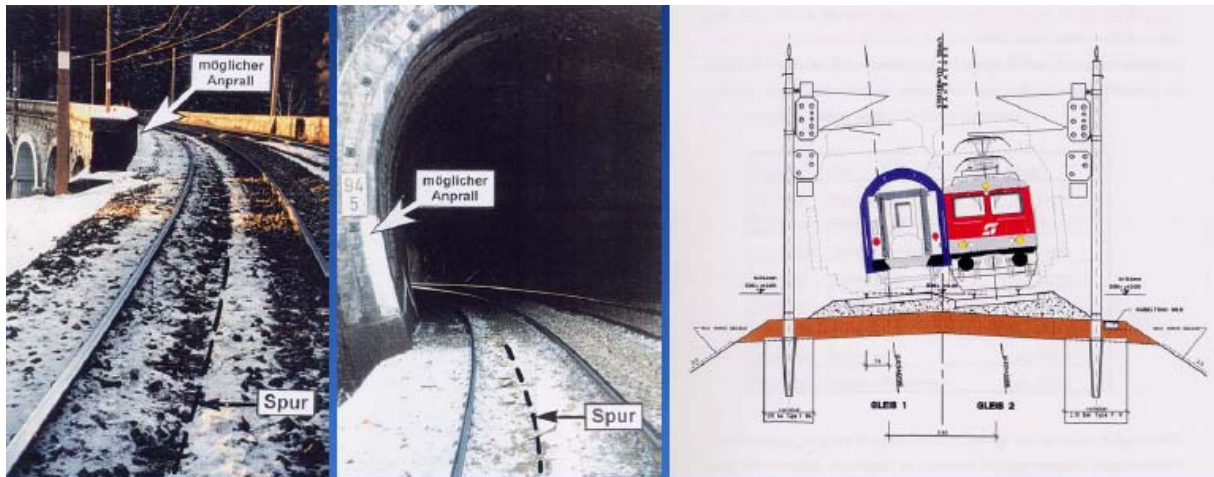


Abb.4. Entgleisung am Semmering: Entgleisungsspuren, Lichtraumprofilüberschreitung

## 5. LÖSUNGSANSÄTZE

### 5.1 Fahrzeugseitige Maßnahmen

Der erste, ein **fahrzeugseitiger**, ist der Literatur bereits seit einigen Jahren entnehmbar. Es handelt sich dabei um einen pneumatischen Entgleisungsdetektor, dessen Aufgabe es zwar nicht ist, Entgleisungen zu verhindern, sondern größere Folgeschäden in Grenzen zu halten. Die Funktionsweise des Detektors besteht darin, daß bei Vertikalbeschleunigungen  $>7,5g$  die Hauptbremsleitung des Wagens geöffnet und somit die Schnellbremsung des ganzen Zuges eingeleitet wird. Echte Effizienz wäre allerdings nur dann zu erreichen, wenn alle Fahrzeuge damit ausgerüstet würden oder zumindest der Anteil der besonders entgleisungsfreudigen Güterwagen und die RID-Transporte.



Abb.5. Beispiel für einen fahrzeugseitigen Entgleisungsdetektor

Doch auch in diesem Falle haftet dem System ein schwerwiegender Mangel an. Wegen der fehlenden Kommunikationsfähigkeit der Güterwagen – es gibt ja nur die Druckluftleitung innerhalb des Zugsverbands – tritt keine zuverlässige und spontan wirkende Beeinflussung der Signalanlagen auf dem Gegengleis ein. Und dabei ist es gerade der entgegenkommende Zug, dem die größte Gefahr zuzufolge eines entgleisten, das Lichtraumprofil verletzenden Wagens droht.

## **5.2 MAßNAHMEN DER INFRASTRUKTUR**

Es scheint also kein zielführender Weg an streckenseitigen Maßnahmen vorbeizuführen, wenn die Entgleisung eines Wagens sofort entdeckt und eine Gegenzugkollision vermieden oder zumindest gemildert werden soll. Hauptmerkmal für einen streckenseitigen Entgleisungsdetektor muß also die unverzügliche Weitergabe eines Warnsignals an eine Betriebsleitstelle mit automatischer Beeinflussung der Sicherungsanlage sein. Betriebssimulationen haben ergeben, daß gerade die ersten 30 Sekunden nach Entgleisung die größte Bedeutung für eine Kollisionsverhinderung haben. Nach dieser ersten halben Minute sinkt der Anteil der angehaltenen GZ von 94 % auf 47 % bei 5 Minuten ab. Eine Idee wäre zweifelsohne eine auf LZB-Schleifen bezogene Prüfung des Zuglaufes, sofern überhaupt eine LZB vorhanden ist. Vermutlich würden sich die Kosten für die Installation einer LZB nur aus Überlegungen der sofortigen Entgleisungsdetektion aber nicht rechnen.

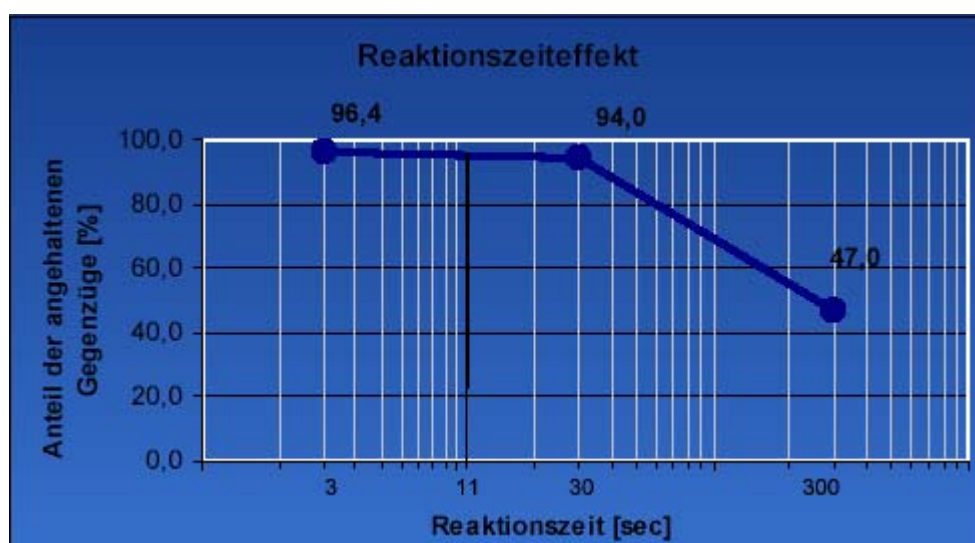


Abb.6. Reaktionszeiteffekt: Anteil der angehaltenen Güterzüge in Abhängigkeit der Reaktionszeit

## **6. EIN KOSTENVERGLEICH**

Keine technische Lösung darf ohne Kostenangaben oder Wirtschaftlichkeitsbetrachtung im Raum stehen bleiben. Die Kosten für einen fahrzeugseitigen Entgleisungsdetektor werden bei Großserienherstellung mit etwa 1700 € angegeben.

Die Anzahl der Güterwagen lt. den Geschäftsberichten der DB und den ÖBB betrug für 1998 136.461 bzw. 18.683. Dies ergibt Investitionssummen von ca. 232 Mio € bzw. 32 Mio € Vollausrüstung des Güterwagenparks. Im Hinblick auf die freizügige Handhabung des Wagenparks in Europa wäre folgerichtig ein Gleichklang bei allen Eisenbahnverkehrsunternehmen notwendig, um eine systemweite Wirkung der Detektoren zu erzielen. Dies erscheint undenkbar, wohl aber können bereits erwähnte spezielle Güterwagen mit solchen Systemen sinnvoll und wirtschaftlich vertretbar geschützt werden.

Hinsichtlich der streckenseitigen Detektoren ergibt sich ein anderes Bild, da die einzelnen Infrastrukturunternehmen die Überwachungsgenauigkeit ihrer Netze ohne besondere Beeinflussung des Nachbarn festsetzen können. Es ist derzeit jedoch festzuhalten, daß mangels bisheriger Betriebserfahrungen keine Angabe zu Kosten für Gerät, Einbau und Erhaltung gemacht werden können. Es ist aber umgekehrt die Frage zulässig, wie viel sie denn kosten dürfen, um hohe Unfallfolgekosten zu ersparen.

Es besteht hier nicht die Absicht, von Horrorszenarien auszugehen und diese vielleicht als Rechtfertigung für die Kosten, die aus neuen Überlegungen stammen, zu mißbrauchen. Nein, es genügt vielmehr, die Schäden am Fahrweg nach einer normalen Entgleisung zu betrachten. Allein die Ersparnis von rund 250.000 € pro Gleiskilometer, der zufolge der sofortigen Entdeckung der Entgleisung mit anschließender Schnellbremsung des Zuges nicht zerstört wird, rechtfertigt die unverzügliche Entwicklung von automatisch wirkenden Systeme zur Serienreife. Im Zuge dieser Betrachtung drängt sich dabei sofort die Frage der Standortwahl von solchen Systemen auf, da solche Systeme vermutlich teuer (weil eisenbahnspezifische Neuentwicklungen notwendig sind) und daher sehr gezielt stationiert werden sollten. Eine risikobasierte Klassifikation der Elemente eines Eisenbahnnetzes kann dabei als Grundlage für eine Ausbaustrategie eines Netzbetreibers dienen.

## 7. AKTUELLE FORSCHUNGSPROJEKTE DES INSTITUTES

### 7.1. Das Projekt „Checkpoint“

Checkpoints sind örtlich festgelegte Punkte im Schienennetz, an denen die Überprüfung von Zügen hinsichtlich ihres einwandfreien Zustandes durchgeführt wird. Diese Überprüfung erfolgt durch Sensorikkomponenten, die sowohl von Personen- als auch von Güterzügen mit der örtlich zulässigen Geschwindigkeit passiert werden. Die dabei gewonnenen Informationen stellen eine wichtige Quelle für nachgeschaltete Entscheidungsstrukturen dar.

Sensorikkomponenten, tauglich für den Eisenbahnbetrieb, und deren Integration in bestehende und zukünftige Eisenbahnsicherungssysteme sind der zentrale Gegenstand dieses Projektes. Zukünftig sollen automatisch erfasste Messdaten direkt in Eisenbahnsicherungssysteme eingespeist werden und so Unfälle und Schäden verhindern. Neben der Erhöhung der Sicherheit im Eisenbahnbetrieb ist die wirtschaftliche Bedeutung in der Reduzierung von direkten und indirekten Unfallfolgekosten zu sehen. So könnten – bei geeigneter Standortwahl - beispielsweise Unfallkosten in Millionenhöhe durch Entgleisungen verhindert werden oder zumindest im Ausmaß reduziert werden.

Die ÖBB sind international führend bei elektronischen Eisenbahnsicherungsanlagen. Die Erweiterung durch sicherungssystemintegrierte Checkpoints ist ein weiterer Schritt für den Ausbau dieser Technologie. Da elektronische Sicherungssysteme aus Österreich in zahlreiche Länder exportiert werden, ergeben sich dadurch zusätzliche Exportchancen für die österreichische Industrie.

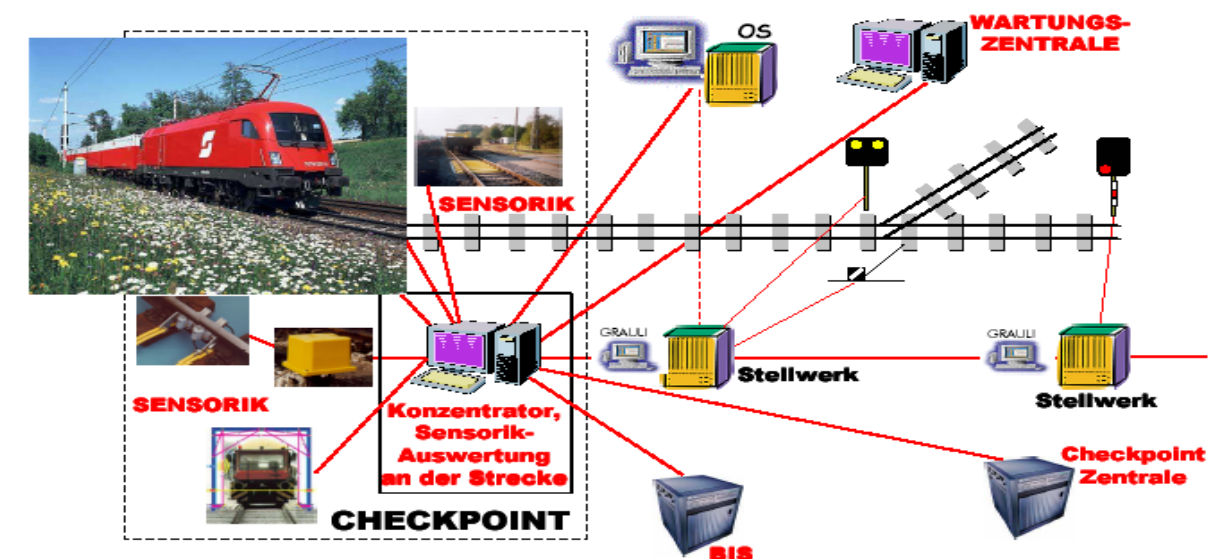


Abb.7. Übersicht Projekt „Checkpoint“

## 7.2. Das Projekt „KOMET“

Besonders im Bereich von Tunnelanlagen können Gefährdungen oder Störfälle zu besonders hohen Schadensausmaßen führen. Das Ziel der Machbarkeitsstudie ist eine vollständig dem technischen, betrieblichen, organisatorischen und gesetzlichen Stand befolgende Umsetzempfehlung mit folgenden konkreten Punkten bzw. Leistungsmerkmalen:

Automatische Erkennung von Gefahrensituationen, speziell Entgleisungen  
Automatische Visualisierung für die Triebfahrzeugführer über die Tunnelbeleuchtung  
Weitergabe und Visualisierung an den Fahrdienstleiter, Betriebsleitzentrale,  
ausgewählte Organisationen mit Sicherheitsaufgaben und an in der  
Machbarkeitsstudie zu definierenden weiteren Institutionen.

Ein weiteres Ziel der Machbarkeitsstudie ist es eine Umsetzempfehlung für einen Piloten zu erarbeiten und zusätzlich die Rahmenbedingungen für die Einführung eines solchen Systems zu erstellen.

Die Machbarkeitsstudie soll in der ersten Phase den Stand der Technik erheben. Sodann sollen die gesetzlichen, organisatorischen, betrieblichen und technischen Rahmenbedingungen evaluiert werden. Aufgabe des IEW ist dabei die Entwicklung einer Systemarchitektur übernehmen, welche aus der Kombinationen Sensorik und Auswerteeinheiten besteht.

Nach Ermittlung der Rahmenbedingungen und der Systemarchitektur, werden die derzeit und zukünftig verwendbaren Informationswege von der Meldevorrichtung hin zu den Informationsbedarfsträgern erhoben. Unmittelbar damit zusammenhängend sind die Informationsschnittstellen zu den eruierten Informationsbedarfsträgern zu definieren.

Das Ergebnis aus Rahmenbedingungen, Systemarchitektur, Informationswege und Informationsschnittstellen wird in einem Arbeitspaket vom Infrastrukturbetreiber evaluiert. Als technisch letztes Arbeitspaket wird das IEW eine Umsetzempfehlung für ein derartiges System erstellen, womit das Ziel der Machbarkeitsstudie erreicht wird.

### **7.3. Das Projekt „IT-ET“**

Sicherheit im Eisenbahnverkehr ist ein kostbares Gut. Der Begriff Sicherheit ist von subjektiver Wahrnehmung geprägt. Die Verpflichtung und Verantwortung eines Infrastrukturbetreibers besteht unter anderem darin, zumindest den jeweiligen Stand der Technik im Bereich sicherheitserhöhender Maßnahmen anzuwenden bzw. zur Verfügung zu stellen.

Durch die Umstrukturierung der ÖBB und die dabei geforderte Senkung der Personalkosten auch durch Personaleinsparungen gewinnen Automatisierung und Rationalisierung eine Bedeutung.

Die automatische Zugzustandsüberwachung und Integration in bestehende und zukünftige Eisenbahnsicherungssysteme ist zentraler Gegenstand dieses Projekts. Daten über den Zugzustand vor und im Tunnel sollen erfaßt und in die Eisenbahnsicherungssysteme eingespeist werden.

Dadurch sollen vor allem Unfälle und Schäden durch Entgleisung vor und im Tunnel vermieden werden. Im Falle eines Unfalles ist die Einfahrt eines weiteren Zuges in den Tunnel zu verhindern, sind Fluchtwege anzuzeigen, ist der Verkehr im benachbarten Straßentunnel zu stoppen und sind Sicherheitskräfte und die betriebsführende Stelle zu informieren. Weiters ist die Brandrauchentlüftung in Abhängigkeit von der Zufahrtsrichtung und dem Vordringen der Einsatzkräfte zu steuern.

Ziel des Projektes ist die Installation einer Pilot- und Demonstrationsanlage am Arlbergtunnel. Dieser ist durch den parallel verlaufenden Straßentunnel für diesen Zweck besonders gut geeignet, die Steuerung des Straßenverkehrs im Katastrophenfall wird in das Projekt miteinbezogen.

### **7.4. Das Projekt „Checkpoint: Branderkennung und Entgleisungsdetektion“**

Seit Februar 2003 wird an der Umsetzung des Projektes "Sicherungssystemintegrierte Checkpoint Anlagen für automatische Zugüberwachung" gearbeitet, das im Rahmen des Programms "Innovatives System Bahn" gefördert wird. In Summe werden sieben Systeme zur

Erkennung der vom Betreiber definierten Fehlzustände benötigt. Die mehrmonatigen Recherchen haben zu Tage gebracht, daß es für zwei Systeme noch keine marktfähigen Lösungen gibt: Branderkennung und Entgleisungsdetektion. Doch speziell für diese Problembereiche werden aufgrund des steigenden Anteils an Kunstbauten Lösungen – vor allem zur Sicherung von Tunnelabschnitten – benötigt.

Das I2-Projekt soll in drei Arbeitsschritten umgesetzt werden. Auf ein dreimonatiges Arbeitspaket, in der die erforderlichen Sensorikkomponenten ausgewählt werden sollen, folgt eine sechsmonatige Entwicklungsphase.

Zum einen ist die softwaremäßige Integration in das bestehende ISB 1-Projekt zu vollziehen, zum anderen ist ein mechanischer Aufbau für die Montage der Meßsysteme zu entwickeln. Zur Projekthalbzeit ist der Start eines neunmonatigen Feldtests vorgesehen.

Ziel des Projektes ist es, nach Abschluss des Feldtests einer marktreifen Lösung einen großen Schritt näher gekommen zu sein. Die Lösungen für die Module Branderkennung und Entgleisungsdetektion können entweder ohne größere Adaptionen für den Zielanwendungsbereich einsetzbar sein oder haben – aufgrund des vorhandenen Projektrisikos – eine Überarbeitung zur Folge. Hier könnten insbesondere Verbesserungen bei den Sensorikkomponenten erforderlich sein.

## **8. ZUSAMMENFASSUNG**

Die Teilung der bisherigen sogenannten nationalen Eisenbahnverwaltungen in Unternehmen, die getrennt nach Absatz und Infrastruktur eigenwirtschaftlich zu handeln haben sowie der freie Netzzugang für Dritte bewirkt Veränderungen in den Betriebsabläufen und somit auch in deren sicherheitsrelevanten Anteilen. Es besteht die Gefahr, daß das Wegfallen solcher Effekte, wie z.B. die Beobachtung des fahrenden Zuges, künftighin vermehrt zu Unfällen mit großen Folgeschäden führt. Die Erhöhung dieser Risiken ist auch die unmittelbare Folge der Anhebung der Fahrgeschwindigkeiten und Zugdichten. Es erscheint also von großer Dringlichkeit, hierfür Ersatzsysteme technisch zur Serienreife zu bringen und wirtschaftlich zu beurteilen.



## **9. LITERATUR:**

- [Bra04] Braband, J. *Die Bedeutung der Sicherheitskultur in der Eisenbahnsignaltechnik*. Signal + Draht, 96 (2004) Heft 5, S. 6-10, 2004
- [Bri03] Brinkmann, C. *Anwendung von STAMP auf den Eisenbahnunfall bei Brühl*. Institut für Eisenbahnwesen und Verkehrssicherung, TU Braunschweig, 2003
- [CEN99] CENELEC: *Bahnanwendungen – Spezifikation und Nachweis der Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Instandhaltbarkeit und Sicherheit (RAMS)*, EN 50126, 1999
- [CEN00] CENELEC: *Bahnanwendungen – Sicherheitsrelevante elektronische Systeme für Signaltechnik*, EN 50129, 2000
- [CEN02] CENELEC: *Bahnanwendungen – Telekommunikationstechnik, Signaltechnik und Datenverarbeitungssysteme*, EN 50128, 2002
- [Hin96] Hinzen, A. *Der Einfluß des menschlichen Fehlers auf die Sicherheit der Eisenbahn*. Eisenbahntechnische Rundschau (ETR), 45 (1996) Heft 10, S. 623-630, Hestra-Verlag, Hamburg, 1996.
- [Lev01] Leveson, N. *Evaluating Accident Models using Recent Aerospace Accidents*. MIT/NASA, 2001
- [Ras79] Rasmussen, J. *What Can Be Learned From Human Error Reports? Changes in Working Life – Proceedings of an International Conference on Changes in the Nature and Quality of Working Life*, Thessaloniki, Greece, August 20<sup>th</sup>-24<sup>th</sup>, 1979
- [Sch04] Schäbe, H., [\*Definition of Safety Integrity Levels and the Influence of Assumptions, Methods and Principles used\*](#). 4<sup>th</sup> Bieleeschweig-Workshop on Root Cause Analysis and Risk Analysis, Braunschweig, Deutschland, September 14<sup>th</sup>-15<sup>th</sup>, 2004
- [SG83] Swain, A.D., Guttman, H.E. *Handbook of Human Reliability Analysis with Emphasis on Nuclear Power Plant Applications, Final Report*. U.S. Nuclear Regulatory Commission NUREG/CR-1278, August 1983.
- [Ste02] de Stefano, E. *Anwendung der Why-Because-Analyse als Methode zur Ursachenanalyse von Eisenbahnunfällen*. Institut für Eisenbahnwesen und Verkehrssicherung, TU Braunschweig, 2002