



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Technologie



Innovationspolitik, Informationsgesellschaft, Telekommunikation

Schienerverkehr – sicher, leise, effizient

InnoTrans, Berlin 2008

www.bmwi.de

Redaktion:

Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie

Gestaltung und Produktion

Michael Vagedes GmbH, Hamburg

Druck

Königsdruck Printmedien und digitale Dienste GmbH, Berlin



Herausgeber

Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie

Referat Öffentlichkeitsarbeit

10115 Berlin

www.bmwi.de

Stand

September 2008



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Technologie

Innovationspolitik, Informationsgesellschaft, Telekommunikation

Schieneverkehr – sicher, leise, effizient

InnoTrans, Berlin 2008

www.bmwi.de

Inhalt

Vorwort	5
Forschung System Schiene 2010 – eine Bilanz	6
<i>Albrecht Wurm, TÜV Rheinland Consulting, Projektträger Mobilität und Verkehr</i>	
Schieneverkehr – sicher – leise	10
ROSA – Optimierende Sicherheitsanalyse System Bahn	11
<i>Dr. Karl-Albrecht Klinge, Rüdiger Püttner, Marc Geisler, Deutsche Bahn</i>	
<i>Prof. Jörg Schülte, TU Dresden</i>	
INTRAS III – Radsatzintegrierte Körperschall-Sensorik zur Überwachung des Rad-Schiene-Kontaktes	15
<i>Dr. Joachim Baumann, Dr. Matthias Goldammer, Siemens</i>	
<i>Dr. Dieter Hentschel, Bernd Frankenstein, Fraunhofer IZFP</i>	
L Zar G – Leiser Zug auf realem Gleis	18
<i>Dr. Roland Bänsch, ConTraffic</i>	
„High Speed Grinding“ – Schienenpflege im Fahrplan	23
<i>Marcel Taubert, Stahlberg Rönch</i>	
Schieneverkehr – effizient	26
Das DURFLEX®-Oberbausystem – eine Synthese aus Schotteroberbau und Fester Fahrbahn	27
<i>Jürgen Frenzel, Frenzel Bau</i>	
FreeFloat – Intensivere Nutzung der Ressource Schiene durch ein integriertes Planungs- und Verkehrsmanagement Schiene	29
<i>Christian Wörmann, DB Netz</i>	
TaT – Neue Technologieansätze für automatisierbare Terminals im Kombinierten Verkehr	32
<i>Rudolf Hetzel, DB Netz</i>	
InnoCoupler – Rationelle Produktionsverfahren im Schienengüterverkehr durch innovative Kupplungstechnologie	35
<i>Siebert Reinhold, Railion Deutschland</i>	
XPressNet – Neue Netzwerk-Konzepte für terminsensible Systemverkehre im KV	38
<i>Klaus-Uwe Sondermann, KombiConsult</i>	

Verbundvorhaben „Regionalverbund Nord“	41
<i>Ulrich Koch, EVB Eisenbahnen und Verkehrsbetriebe Elbe-Weser</i>	
DemoOrt – Chancen und Risiken einer satellitengestützten Ortung im Eisenbahnverkehr	45
<i>Prof. Karsten Lemmer, Dr. Michael Meyer zu Hörste, Matthias Grimm, DLR</i>	
FlexCargoRail – Ohne Diesel in die Letzte Meile	49
<i>Dr. Manfred Enning, RWTH Aachen, IRT</i>	
NeuPro Plus – Intelligente Schieneninfrastruktur durch innovative Produktionssteuerungssysteme	53
<i>Dr. Bernd Elsweller, DB Netz</i>	

Vorwort



Schienenverkehr – sicher, leise, effizient

Rückgrat einer modernen Industrie-, Dienstleistungs- und Informationsgesellschaft sind effiziente Verkehrssysteme. Deutschland steht aufgrund seiner zentralen Lage in Europa vor besonderen wirtschaftlichen und verkehrspolitischen Herausforderungen.

Ziel der Bundesregierung ist deshalb die Sicherung und nachhaltige Entwicklung der Verkehrssysteme. Die Bundesregierung unterstützt Maßnahmen, die die Verkehrsträger effizienter, sicherer sowie sozial- und umweltverträglicher machen, damit die Mobilität von Menschen und Gütern auch künftig gewährleistet bleibt. Dem Schienenverkehr soll dabei künftig eine deutlich stärkere Rolle eingeräumt werden. Gezielte Förderung von Forschung durch das BMWi unterstützt das Engagement von Wirtschaft und Wissenschaft auf breiter Front von der industriellen Grundlagenforschung über die angewandte Forschung bis hin zur Demonstration neuer Technologien.

Anlässlich der weltweit bedeutendsten Fachmesse für den Schienenverkehr, der InnoTrans 2008 in Berlin, richtet das BMWi eine Fachkonferenz aus. Unter dem Motto „Schienenverkehr – sicher, leise, effizient“ wird ein repräsentativer Querschnitt aktueller Bahnforschung gegeben.

Die vorliegende Dokumentation enthält in komprimierter Form die Fachvorträge der Tagung.

Forschung System Schiene 2010 – eine Bilanz

Albrecht Wurm

TÜV Rheinland Consulting, Projektträger Mobilität und Verkehr

Am 21. Mai 2001 gab der damalige Staatssekretär Dr. Thomas auf einer Kick-off-Veranstaltung in München die Einrichtung des neuen Forschungsschwerpunktes „Forschung System Schiene 2010“ bekannt. Nach siebenjähriger Laufzeit soll der Versuch einer Bilanz aus Sicht des Projektträgers gewagt werden, der das Ministerium bei der Entwicklung und Umsetzung dieser Initiative unterstützt hat.

Struktur des Forschungsschwerpunktes

Den programmatischen Rahmen für die Verkehrsforschung des Bundes bildete das Programm „Mobilität und Verkehr“ vom März 2000. Hier wurden die Ziele und Aktionsfelder der künftigen Förderung definiert.

Die Schaffung eines eigenen Programmschwerpunktes „System Schiene 2010“, nur ein Jahr nach Start des Verkehrsforschungsprogramms, beruht auf zwei Absichten:

1. einer politischen Botschaft, der Bahnforschung zukünftig wieder ein stärkeres Gewicht zu verleihen, dies sowohl in Richtung „Öffentlichkeit“ als auch nach innen (Mittelbereitstellung),
2. die Konkretisierung des Verkehrsforschungsprogramms im Bereich Bahnforschung.

Ziel des neuen Schwerpunktes war es, einen Beitrag zur verstärkten Nutzung der Bahnen im Wettbewerb der Verkehrsträger zu leisten. Dies vor dem Hintergrund der damaligen Prognosen, die im Verkehrsbericht 2000 des BMVBS ihren Niederschlag fanden und in denen ein Zuwachs des Güterverkehrs um 64 % bis 2015 vorausgeschätzt wurde.

Die Struktur des Forschungsschwerpunktes beruht auf einem 7-Säulen-Modell, überlagert durch 3 Umsetzungsstrategien. (Abb. 1)

Die 7 Säulen sprechen weitgehend für sich und bedürfen hier keiner vertiefenden Erläuterung. Von Bedeutung sowohl für die Außen- wie auch die Innenwirkung sind die hier aufgeführten Schlüsselwörter als Bezugspunkte für spätere Aktivitäten. An der Säule „Organisationsformen/Betreibermodelle“

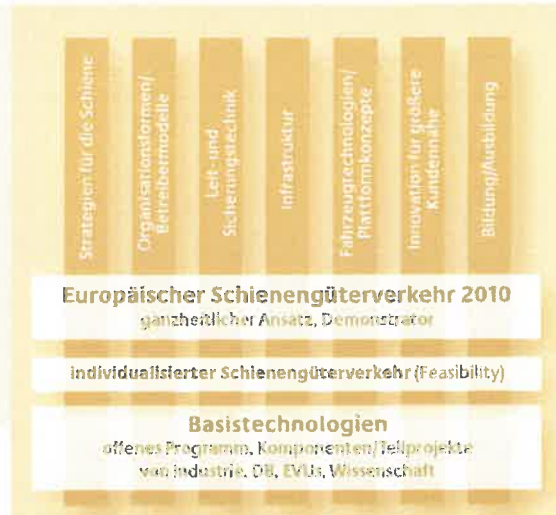


Abb. 1: Forschung System Schiene 2010

lässt sich dies gut erläutern. Die Verkehrsforschung war über lange Zeit primär auf Technikentwicklung ausgerichtet. Themen wie die Vernetzung von Unternehmen zur Schaffung innovativer kooperativer Dienstleistungen (Beispiel EBN) hätten in diesem Umfeld kaum Chancen auf Förderung gehabt. Es war ein langer, wichtiger interner Prozess, Begriffe wie Betrieb und Organisation in der Programmatik zu verankern.

Die Umsetzungsstrategien

In der Programmatik werden 3 Umsetzungsfelder adressiert:

1. die Leitvision „Europäischer Schienengüterverkehr 2010“,
2. der individualisierte Schienengüterverkehr,
3. die Basistechnologien.

zu 1. Leitvision „Europäischer Schienengüterverkehr 2010“ (SGV 2010)

Als zentrales Element des Forschungsschwerpunktes „System Schiene 2010“ wurde im Mai 2001 der Ideenwettbewerb zur Leitvision „Europäischer Schienengüterverkehr 2010“ (SGV 2010) gestartet. Ziel war die Modernisierung der Güterbahn, um die Bahn durch innovative Entwicklungen so effizient und attraktiv zu machen, dass bis zum Jahr 2010 ein größtmöglicher Teil des Zuwachses im Güterverkehr auf die Schiene verlagert werden kann.

Der Ideenwettbewerb umfasste drei Kategorien von Projektansätzen.

- ▶ Demonstratoren, anhand derer aufgezeigt werden sollte, welchen Beitrag organisatorische, betriebliche und technische Innovationen zu einer Verkehrsverlagerung und Effizienzsteigerung leisten können, dies möglichst mit europäischer Dimension.

Neben der Hauptsäule „Demonstrator“ wurden zwei weitere Aktionsfelder geöffnet:

- ▶ Teilsysteme und Komponenten, wobei davon ausgegangen wurde, dass auch durch kleinere Innovationen an Komponenten eine Effizienzsteigerung erreicht werden kann.
- ▶ Virtueller Demonstrator als Raum für Strategieentwicklungen mit längerfristiger Perspektive.

Der Ideenwettbewerb stieß auf eine hohe Resonanz. Bis zum Stichtag 20.07.01 gingen 96 Projektskizzen ein. Beteiligt waren 330 Partner, davon 26 aus dem Ausland. In dem Auswahlprozess unter Einbeziehung externer Experten wurden 22 Verbundprojekte der engeren Auswahl definiert.

SGV 2010 – Ergebnisse

SGV 2010 befindet sich heute in der Abschlussphase. Der Leitvision werden 20 Projekte zugeordnet (vgl. Tabelle 1), darunter

- ▶ 3 Begleituntersuchungen,
- ▶ 3 sog. Definitionsphasen als Chance, vielversprechende Projektansätze weiter zu konkretisieren, bislang jedoch ohne Umsetzungsergebnis, sowie
- ▶ 11 Demonstratoren und
- ▶ 3 virtuelle Demonstratoren.

SGV 2010 umfasst 75 Einzelvorhaben mit Gesamtkosten von 54,6 Mio. €, das BMWi trägt davon 26,9 Mio. €. Erwähnenswert ist, dass der DB-Konzern lediglich mit 4 Vorhaben vertreten ist, während 12 Vorhaben auf NE-Bahnen entfallen. Im Bereich der Bahnindustrie ist der Mittelstand in gleicher Weise vertreten wie die großen Systemhäuser.

Inhaltlich sind eine Reihe der Demonstratoren inzwischen in den Regelbetrieb überführt worden wie z. B. TchiLog oder Systemcargo. Eine Dokumentation zu SGV 2010 enthält u. a. die Broschüre „Innovation für die Schiene“ (Statusseminar Bad Dürkheim 2005).

zu 2. Individualisierter Schienengüterverkehr

Mit dem Ansatz „Individualisierter Schienengüterverkehr“ verbindet sich der Gedanke, die Vorteile des Lkw an Flexibilität und Überwindung der letzten Meile auf die Schiene zu transferieren. In einer breit angelegten Studie wurden Rahmenbedingungen und technische Möglichkeiten eines solchen Konzeptes analysiert. Im Ergebnis zeigte sich, dass sich für eine kurzfristige Anwendung nur schwer Investoren finden lassen. In dem Projekt FlexCargoRail, das hieran anschließt, scheinen sich zum ersten Mal Perspektiven für ein finanzielles Engagement der Wirtschaft aufzutun.

zu 3. Basistechnologien

Der Bereich der Basistechnologien wurde bislang als „offenes Programm“, d. h. ohne spezielle Förderbekanntmachungen gefahren.

Die Projekte konzentrieren sich auf sektorale Verbesserungen und Komponentenentwicklungen im Schienenverkehr in den Bereichen Infrastruktur (einschl. Leit- und Sicherungstechnik), Fahrzeugtechnik sowie Organisation und Betrieb. Forschungspartner sind neben den großen Systemhäusern zunehmend auch mittelständische Zulieferer und neben der DB vermehrt auch die kleinen und mittelständischen EVU.

Im Zeitraum 2006/2007 sind 14 Projekte/Projektverbünde mit 40 Vorhaben den Basistechnologien zuzuordnen. Die Gesamtkosten belaufen sich auf knapp 45 Mio. €, das BMWi trägt davon 22,2 Mio. €. Davon wurden in 2007 acht neue Projektverbünde mit 21 Vorhaben und einem Fördervolumen von knapp 13 Mio. € gestartet. Über die meisten dieser neuen Vorhaben wird in der vorliegenden Broschüre berichtet.

Tabelle 1: SGV 2010 – die Projekte

Begleituntersuchungen	
CargoRail	▶ Systemgestaltung bei 50% des Güterverkehrs auf der Schiene
RoLa Ost/West	▶ Chancen des Systems RoLa am Beispiel grenzüberschreitender Lkw-Verkehre aus/nach Osteuropa.
Korridorstudie	▶ Untersuchung der Rheinschiene für einen optimierten SGV
Definitionsphasen	
IMSA	▶ IMSA – Intermodaler Marktorientierter Schienengüterverkehr Augsburg
M.Q.SGV	▶ Modernisierung und Qualifizierung des europ. SGV durch markt- und kundenorientierte Innovationen (M.Q.SGV)
CaRL	▶ CaRL – CargoRail-Lines
Demonstratoren	
CargoScoreCard	▶ Identifikation und Berechnung wertsteigernder Verlagerungspotenziale und Implementierung in einem DV-Werkzeug (ScoreCard).
DemoOrt/DSM (Phasen I u. II)	▶ genaue und präzise Ortung von Schienenfahrzeugen (GNSS, Wirbelstromsensorik)
SystemCargo	▶ Systemverkehre auf der Schiene
Fahrtwegstandhaltung	▶ Tool zur Unterstützung der Instandhaltung
Ferry Rail Link	▶ Dispositions und Organisation von Fährhafen-Hinterland-Verkehren
Gleisanschlussverkehre	▶ Automatisierung in der Fahrtwegstellung und mobile Kommunikation
MaTIB (Tim)	▶ Workflow-Management-System zur Überwachung und Steuerung von KV-Verkehren
TransEuroLoks	▶ Mehr-System-Lok
TchilLog	▶ auf Schienenverkehr ausgerichtetes Lager- und Distributionskonzept am Beispiel der Tchibo-Nonfood-Verkehre
EUNet (Phasen I u. II)	▶ Entwicklung eines aufeinander abgestimmten schienenaffinen Logistikkonzeptes für unterschiedliche Verloader
Regionalverbund Nord	▶ EBN: neue Organisationsformen und Tools zur Netzbildung von NE-Bahnen. ERNIE: auf kleine NE-Bahnen ausgerichtete LS-Technologie (Bahnübergang, Zugverfolgung, Infos auf Lok)
virtuelle Demonstratoren	
VIDEO-SAT	▶ strategisches Modell zur Simulation von SGV-Angeboten
MeGa Schiene	▶ Einzelwagenladungsverkehr und Wechselbehälterverkehr auf Nebenstrecken, Kleinterminals
SGV-Generator	▶ Betriebsprogrammgenerator für SGV

Weitere bahnrelevante Aktivitäten im Programm Mobilität und Verkehr des BMWi

Ein Teil der bahnrelevanten FuE-Aktivitäten des BMWi wird anderen Förderinitiativen zugeordnet. Hierzu zählen:

- ▶ Leiser Verkehr (z. B. LZarG, High Speed Grinding)
- ▶ Intelligente Logistik (z. B. XPressNet)
- ▶ Innovative Seehafentechnologien II
- ▶ die grenzüberschreitenden Kooperationen DEUFRAKO (z. B. ROSA) und EUREKA

Forschung System Schiene 2010 – Versuch einer Bilanz

Jede Evaluation eines Forschungsprogramms steht vor dem Problem, den Erfolg der Förderung anhand messbarer Größen zu belegen. Die Energieverbrauchsreduzierung eines neuen Motorkonzeptes lässt sich konkret nachweisen, ebenso die Lärmreduzierung durch neue Verbundstoffbremssohlen. In der kurzfristigen Rückschau bleibt jedoch die Frage der

künftigen Marktdurchdringung neuer Produkte offen, damit auch die Fragen nach z. B. Schaffung und Erhalt von Arbeitsplätzen, nach gesamtwirtschaftlichen Verkehrsverlagerungseffekten oder globalen Energieeinsparungen.

Forschungsförderung versteht sich als Hilfe zur Selbsthilfe. Die Initiative zur technologischen Entwicklung muss von der Wirtschaft ausgehen, diese trägt auch die Mehrheit der Kosten und das Risiko. Als fördernde Institution kann der Staat durch Bereitstellen von Mitteln Risiken abfedern, Innovationszyklen beschleunigen sowie Entwicklungsrichtungen priorisieren (z. B. nachhaltige Verkehrssysteme). Die technologische Entwicklung an sich kann (und will) er nicht unmittelbar beeinflussen.

Wesentlicher Maßstab für den Erfolg eines Programms ist deshalb dessen Akzeptanz durch die Wirtschaft, ausgedrückt durch deren eigene Investitionen und – damit zusammenhängend – durch die Nachfrage nach Fördermitteln. Im Umkehrschluss: Ein Programm, das keine Projekte generiert, dessen Mittel nicht abgefragt werden, wird kaum als erfolgreich einzustufen sein.

Eine Auswertung aller rd. 700 der Bahnforschung des BMWi/BMBF zwischen 1974 und 2008 zuzuordnenden Vorhaben (Abb. 2) zeigt nach gewichtigem Start in den 70er und 80er Jahren einen dramatischen Einbruch in der 2. Hälfte der 90er Jahre auf ein Niveau von rd. 2 Mio. €/a. Nach Implementierung von „System Schiene 2010“ ab 2001 ist wieder ein deutlicher Anstieg der Fördermittel auf ein Niveau von rd. 10 Mio. €/a zu verzeichnen, das sind rd. 20% des Haushaltsansatzes für die Verkehrsforschung.

Im Folgejahr der Bekanntmachung SGV 2010, d. h. im Jahr 2002, wird in der Bahnforschung mit 20,6 Mio. € das höchste Festlegungsvolumen (durch neue Projekte festgelegten Fördermittel) seit 20 Jahren erreicht.

Ähnlich verhält es sich mit der Anzahl geförderter Projekte in der Bahnforschung. Ausgehend von einem Niveau von über 100 laufenden Vorhaben pro Jahr in 1980 fällt die Anzahl der Vorhaben weitgehend kontinuierlich bis 1998 auf ein Niveau von ca. 20 Vorhaben, um dann mit Beginn von System Schiene

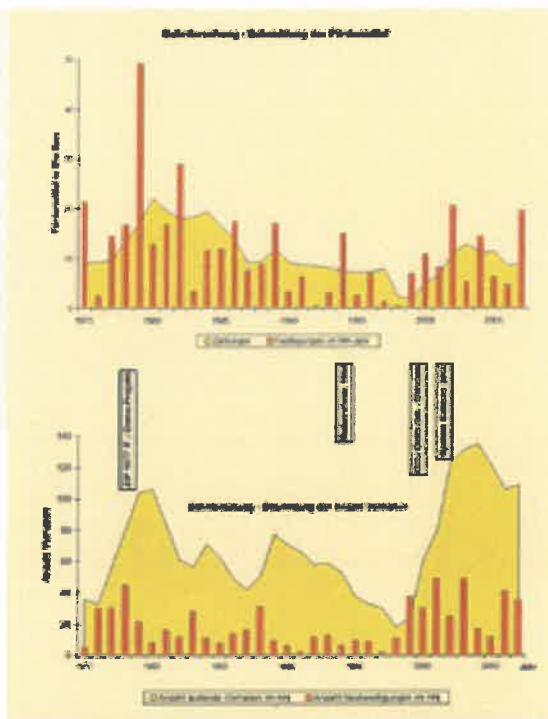


Abb. 2: Entwicklung der Bahnforschung nach Fördermitteln und Anzahl Vorhaben

2010 wieder auf über 100 laufende Vorhaben pro Jahr anzusteigen.

Zusammenfassung

Unter anderem bedingt durch die Bahnreform und die damit verbundene Neuorientierung der Aufgabenteilung zwischen Bahnindustrie und DB kam es Mitte der 90er Jahre zu einem Einbruch in der Bahnforschung. Angesichts der prognostizierten Zuwachsraten insbesondere im Güterverkehr war es politischer Wille, der Bahn zukünftig im Güterverkehr wieder eine stärkere Bedeutung zuzuweisen. Um diesen Prozess flankierend durch Forschung und Innovation zu unterstützen, wurde im Jahr 2001 der Forschungsschwerpunkt „System Schiene 2010“ implementiert und entsprechende Fördermittel bereitgestellt. Die Wirtschaft hat dieses Angebot aufgegriffen und in einer Vielzahl neuer Forschungsprojekte umgesetzt, deren Ziele und erste Ergebnisse in dieser Broschüre dokumentiert sind. Die Bilanzierung fällt damit positiv aus, das forschungs- und technologiepolitische Ziel wurde erreicht.

Schienerverkehr effizient



Das DURFLEX®-Oberbausystem – eine Synthese aus Schotteroberbau und Fester Fahrbahn

Jürgen Frenzel

Frenzel Bau

Bisher gab es im Gleisbau für die Konstruktion des Fahrweges zwei feststehende Begriffe:

- ▶ den Schotteroberbau
- ▶ und die Feste Fahrbahn

Seit ca. drei Jahren wird ein neuer Fahrweg entwickelt und seit mehr als einem Jahr unter Höchstbelastung erprobt: Das DURFLEX®-Oberbausystem, eine Kombination der Vorteile aus dem Schotteroberbau und der Festen Fahrbahn.

Die Vorteile des Schotteroberbaues sind:

- ▶ jahrzehntelange Erfahrung mit diesem System
- ▶ der weltweite Einsatz
- ▶ kurze Bauzeit
- ▶ und weltweit vorhandene, hoch spezialisierte Maschinenteknologie

Die Nachteile des Schotteroberbaues sind:

- ▶ die tragende Funktion des Schotters bleibt dauerviskos
- ▶ hierdurch ergeben sich aus der Belastung und Dynamik bei der Befahrung nicht kontrollierbare Setzungen im Gleis
- ▶ das Gleis muss ständig kontrolliert und bearbeitet werden
- ▶ die kontinuierliche Abnutzung der Schotterqualität durch Setzungen im Gleis und durch Stopfungen

Die Vorteile der Festen Fahrbahn sind:

- ▶ lange Liegezeiten durch eine feste Gleiskonstruktion als Unterbau aus Beton oder Asphalt
- ▶ diese Fahrbahn ermöglicht den Eintrag von höheren Kräften aus Geschwindigkeit und Querkraft

Die Nachteile der Festen Fahrbahn sind:

- ▶ lange Bauzeit
- ▶ viele Sonderkonstruktionen (z. B. für Brücken, Weichen usw.)

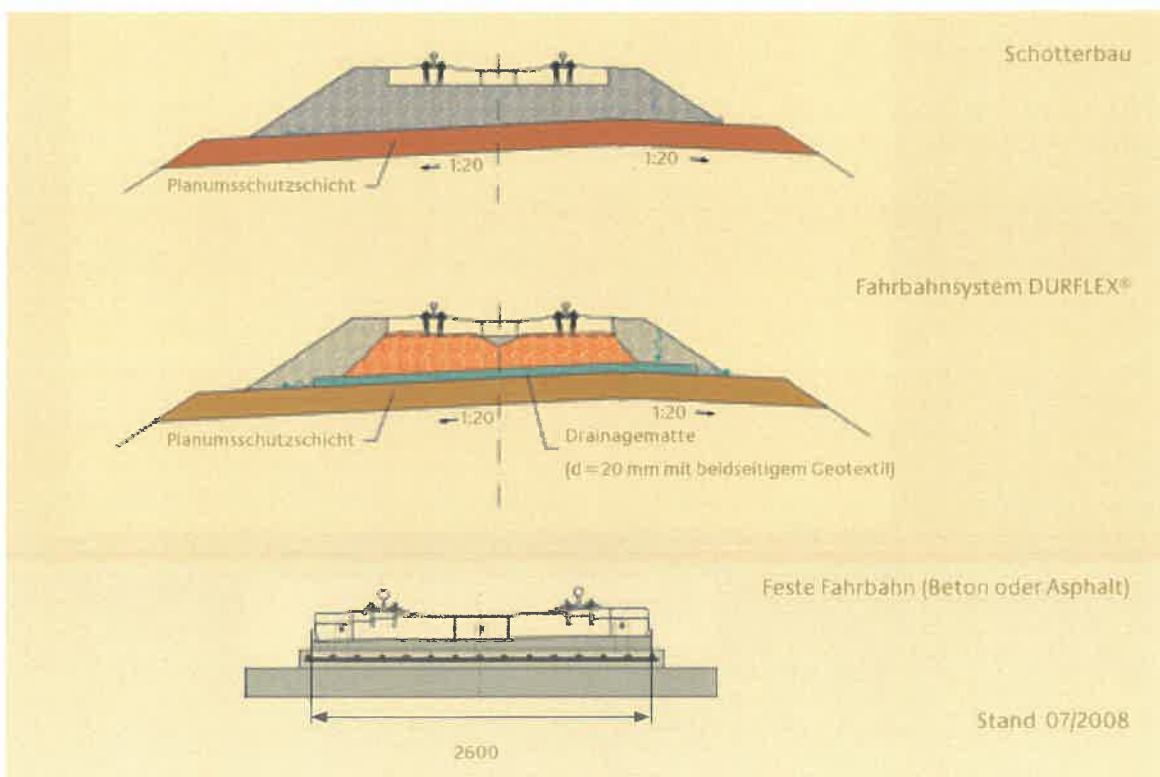


Abb. 1: Gleisoberbausysteme

- ▶ umfangreiche neue Maschinentechologie
- ▶ großer Messaufwand bei der Herstellung

Das neue DURFLEX®-Oberbausystem nutzt bei der Herstellung alle Vorteile des Schotteroberbaues.

Die baulichen Optimierungsmaßnahmen dieser Konstruktion, zur Erreichung der Vorteile der Festen Fahrbahn, werden erst nach der Gleisabnahme ausgeführt. Der Schotterkörper wird im Lastabtragungsbereich unter der Schwelle durch die Einbringung eines Polyurethan-Schaums fixiert. Die Hohlräume zwischen den Schottersteinen werden vollständig ausgeschäumt. Der vorher im losen Aufbau vorhandene Schotterkörper wird zu einer kompakten, dauerhaften Einheit verbunden.

Die Bauunternehmung „FRENZEL-BAU“ und „Bayer MaterialScience“, als einer der größten Hersteller von Polyurethan-Rohstoffen, haben mit umfangreichen Forschungen die neue Konstruktion für den Gleisbau auf den Weg gebracht. Die mehr als 60-jährige Erfahrung mit dem Verschäumen bei vielen technischen Aufgaben war hierbei von Vorteil. Langzeiterfahrungen waren dabei von besonderer Bedeutung.

Die Optimierung des Schotteroberbaues zur DURFLEX®-Konstruktion zeigt sich durch:

- ▶ Fixierung der Schotterkonstruktion mit dem PUR-Schaum
- ▶ dauerhafte Beibehaltung der gewünschten Elastizität
- ▶ kurze Bauzeit ohne lange Aushärtezeiten (Befahrbarkeit kurzfristig nach Fertigstellung)
- ▶ keine neuen Sonderkonstruktionen
- ▶ im Prüfstand und im Betrieb nachgewiesene Standfestigkeit
- ▶ Risikolosigkeit, da die langzeitbewährte Schotterkonstruktion im Kern immer erhalten bleibt.

Die Umweltverträglichkeitsprüfung ist durchgeführt und bestanden. Der Stoffkreislauf beim Rückbau ist gesichert.

Als Mitnahmeeffekt wird neben der hohen Dauerfestigkeit durch die neue Konstruktion eine Reduzierung der Emissionen bei Körperschall um

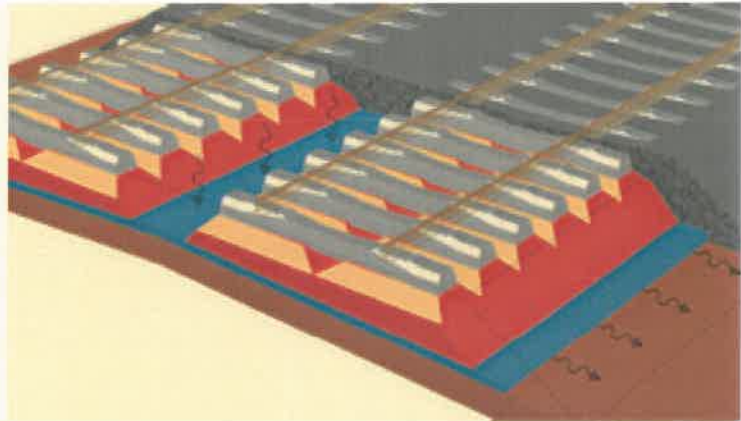


Abb. 2: Fahrbahnsystem Durflex®

mehr als 40 %, bei Luftschall um mehr als 3 dB(A) beim gesamten Zugkollektiv, auch bei Güterzügen erreicht.

Die kompakte, dauerelastische DURFLEX®-Oberbaukonstruktion spielt hierbei ihre Vorteile aus. (Abb. 2)

Untersuchungen zum Rückbau des neuen Systems am Ende der Liegedauer sind abgeschlossen und Havariekonzepte sind entwickelt.

Der Ersteinbau des DURFLEX®-Oberbausystems auf der Hauptstrecke 1720 der DB AG von Hamburg nach Hannover mit Mischverkehr, Geschwindigkeiten von 200 km/h, Erzzügen mit 25 t Achslast und 140.000 t Belastung pro 24 Std., wird nach den vorgegebenen Regeln ständig überprüft.

Die äußerst positiven Ergebnisse sprechen für die neue Konstruktion und weisen den Weg zu umfangreichen neuen, weiteren Lösungen.

Geförderte Verbundprojektpartner:

- ▶ Frenzel-Bau GmbH & Co. KG, Freden (Leine)

In Partnerschaft mit:

- ▶ Bayer MaterialScience AG, Leverkusen