



# Technische Innovationen am **Katzenbergtunnel**

---

Das Projekt

---

Feste Fahrbahn

---

Erschütterungsschutz

---

Oberleitungsanlagen

---

Leit- und Sicherungstechnik

---

Sonic Boom

---

**Die Basis der Zukunft. DB Netze.**



Das Nordportal des Katzenbergtunnels

## Das Projekt im Überblick

Der Katzenbergtunnel ist das größte Einzelprojekt der Ausbau- und Neubaustrecke Karlsruhe–Basel. Bei der Konzeption des Tunnels wurden neueste Technologien und Sicherheitsstandards berücksichtigt. So wird er gemäß einer neuen Richtlinie zum Brand- und Katastrophenschutz als Zweiröhrentunnel gebaut, also mit zwei parallel verlaufenden eingleisigen Tunnelröhren. Diese sind durch insgesamt 19 Verbindungsstollen in jeweils 500 Metern Abstand miteinander verbunden. Der Katzenbergtunnel führt in nord-südlicher Richtung durch den Randbereich des Markgräfler Hügellandes und begradigt die Linienführung der alten Rheintalbahn im Bereich der Gebirgsformation „Isteiner Klotz“. Seit Ende 2003 ist der Tunnel mit den beiden Portalen in Bad Bellingen und Efringen-Kirchen im Bau.

Die beiden parallel verlaufenden Tunnelröhren wurden durch zwei jeweils 220 Meter lange und 2.500 Tonnen schwere Tunnelvortriebsmaschinen aufgeföhren. Der rund 95 Quadratmeter große Gesamtquerschnitt einer Tunnelröhre konnte in einem Arbeitsgang ausgebrochen werden. Sicherung, Abdichtung und die endgültige Auskleidung des Tunnels erfolgen beim Vortrieb mit Tunnelvortriebsmaschine in einem Arbeitsgang. Die Innenschale des Katzenbergtunnels besteht aus einem Ring aus Stahlbeton-Fertigelementen, den Tübbing. Diese wurden

unmittelbar im Anschluss an den Bohrvorgang im Schutz des Schildes eingebaut. Mit der Fertigstellung des Tunnelrohbaus Ende Oktober 2010 begann ein neuer Bauabschnitt: der Innenausbau des Tunnels. Dies beinhaltet die Ausstat-

tung mit Fahrweg, Oberleitungen sowie Leit- und Sicherungstechnik. Hierbei kommen gleich mehrere innovative Technologien zum Einsatz, die in den folgenden Kapiteln beschrieben sind.

### Der Katzenbergtunnel in Zahlen und Fakten

<b>Länge der Tunnelröhren</b>	9.385 m
■ bergmännische Bauweise	8.984 m
■ offene Bauweise	286 m (Nord), 115 m (Süd)
Tunnelquerschnitt (innen)	62 m <sup>2</sup>
Ausbruchquerschnitt	95 m <sup>2</sup>
Regelabstand der Röhren	26 m (Gleisachse)
minimale Überdeckung	25 m (Bad Bellingen und Haselbach)
maximale Überdeckung	110 m (südöstlich Bad Bellingen)
tiefster Punkt des Tunnels	250,5 m ü. NN
höchster Punkt des Tunnels	269,4 m ü. NN
Bemessungswasserdruck	max. 9 bar
Anzahl Verbindungsstollen	19
Abstand Verbindungsstollen	500 m
Tunnelaushub	2,45 Mio. m <sup>3</sup> (aufgelockerte Massen) 1,80 Mio. m <sup>3</sup> (feste Massen) (entspricht ca. 135.000 Lkw-Ladungen = 1.350 km = Luftlinie Hamburg–Rom)
<b>Baubeginn</b>	
■ vorbereitende Maßnahmen	August 2003
■ Oströhre	Mai 2005
■ Weströhre	Oktober 2005
Tunneldurchschlag	Oktober 2007
Fertigstellung	2010 (Rohbau)
Investitionsvolumen	250 Mio. Euro (Rohbau)
Tunnelpatin Röhre Ost	Marion Caspers-Merk, Parl. Staatssekr. a. D.
Tunnelpatin Röhre West	Inken Oettinger



Die Produktion der Festen Fahrbahn erfolgt im Werk der Firma Max Bögl.

## Moderner Fahrweg: die Feste Fahrbahn

In beiden Tunnelröhren wird zwischen die fertiggestellte Betonbankette die sogenannte Feste Fahrbahn eingebaut. Bei diesem innovativen Fahrweg liegen die Gleise nicht im Schotter, sondern direkt in einem Bett aus Beton und Stahl – Schwellen und Schotter werden also nicht mehr benötigt.

Die Feste Fahrbahn erfüllt die vom Hochgeschwindigkeitsverkehr gestellten Anforderungen bestens: Der Instandhaltungsaufwand ist niedrig, die Verfügbarkeit hoch, sie bietet ein hohes Maß an Sicherheit und einen minimalen Verschleiß an den Fahrzeugen. Für den Reisenden bedeutet sie vor allem hohen Reisekomfort, wenn die Züge künftig den Tunnel bei Höchstgeschwindigkeiten von bis zu 250 Kilometer pro Stunde in 2 Minuten und 15 Sekunden durchfahren.

Im März 2010 hatte die Deutsche Bahn die Arbeiten an die Firmengruppe Max Bögl vergeben. Das Unternehmen hat mit der „Festen Fahrbahn Bögl (FFB)“ ein eigenes System entwickelt, welches

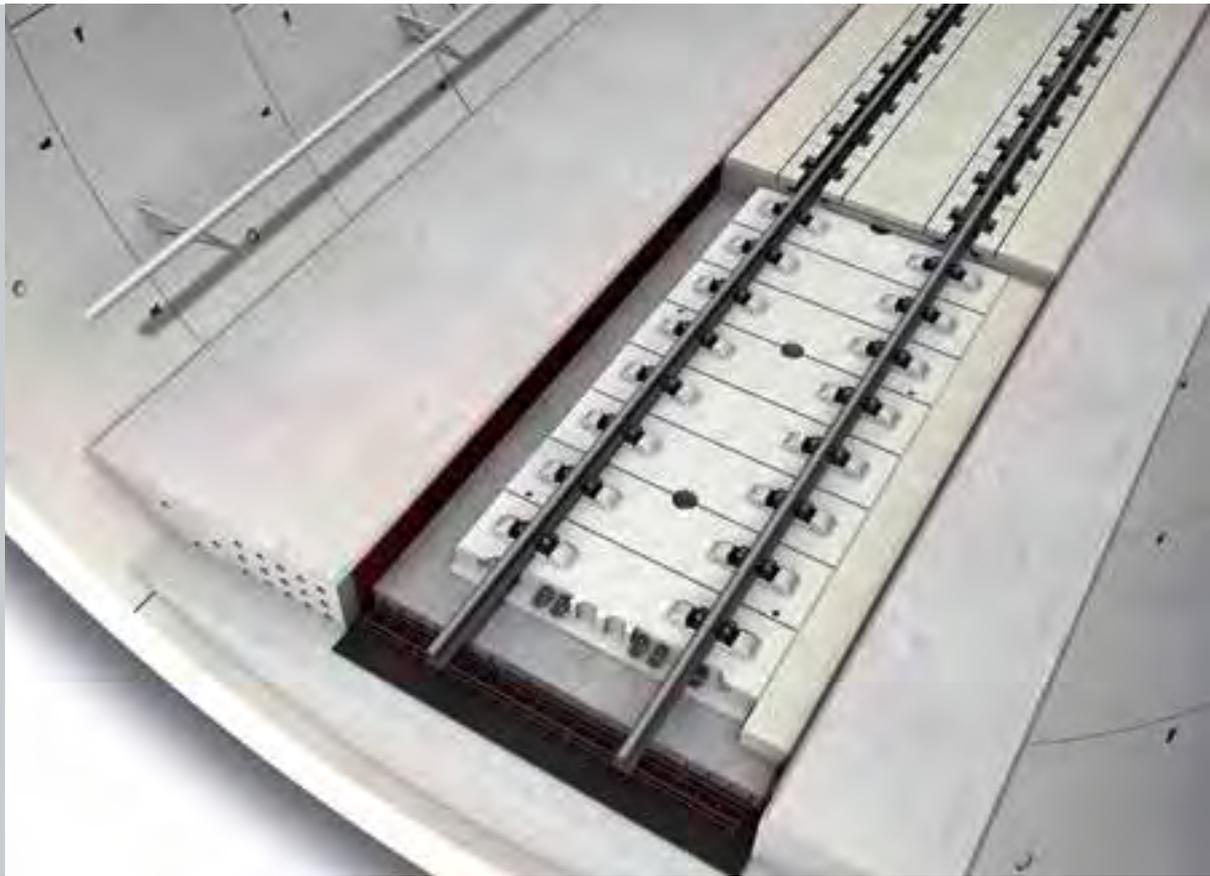
auch schon bei der Hochgeschwindigkeitsstrecke zwischen Nürnberg und Ingolstadt und auf weit über 1.000 Kilometern Hochgeschwindigkeitsstrecke in China eingebaut wurde. Das System besteht aus vorgespannten Gleistragplatten (Betonfertigteile). Die Herstellung der Gleistragplatten erfolgt im Werk und ist mit der Montage der Schienenbefesti-

gungen abgeschlossen. Durch den hohen Vorfertigungsgrad werden kurze Einbauzeiten erzielt, was bei den eingeschränkten räumlichen Verhältnissen einer Tunnelbaustelle von großem Vorteil ist.

Die Gleistragplatten benötigen im Tunnel keinen besonderen Unterbau, die vorhandene betonierte Tunnelsohle ersetzt



Millimetergenaue Auflagerflächen für die Schienenbefestigung dank computergesteuerter Schleifmaschine



Feste Fahrbahn mit Erschütterungsschutz

hier den sonst üblichen Erdbauwall. Die Fertigteilplatten werden mit einem Fugenabstand von fünf Zentimetern verlegt. Die Höhenlage lässt sich mit Justierkrallen exakt justieren, wobei ein elektronisches Messsystem die Daten überprüft. Der verbleibende Spalt zwischen Platte und Tragschicht wird abgedichtet und dann vollständig verfüllt. Durch Koppelung der Platten wird schließlich ein durchlaufendes Band hergestellt. Mit einer computergesteuerten Schleifmaschine werden die Auflagerflächen der Schienenbefestigungen so bearbeitet, dass eine sehr präzise Gleislage erreicht wird. Dies erfolgt bereits im Rahmen der werkseitigen Produktion.

**Vorteil: Befahrbarkeit**

Das Rettungskonzept des Katzenbergtunnels basiert auf dem Prinzip der korrespondierenden Röhren. Alle 500 Meter ermöglicht eine Querverbindung, dass bei einem Unfall in einer der Röhren die andere als Rettungsröhre dient. Die Feste Fahrbahn wird bis zu den Rettungsplätzen an den beiden Tunnelportalen eingebaut, zusätzlich wird sie mit einer befahrbaren Oberfläche (Betonplatte) versehen, die so ausgelegt ist, dass zwei Fahrzeuge, z. B. ein Bus und

ein Feuerwehrfahrzeug, aneinander vorbeifahren können. Im Notfall können die Rettungskräfte so den Tunnel mit Straßen-

fahrzeugen befahren. Der Einbau erfolgt 2011 und wird rund acht Monate dauern. Die bautechnische Fertigstellung des



Der hohe Vorfertigungsgrad der Betonfertigteile im Werk ...

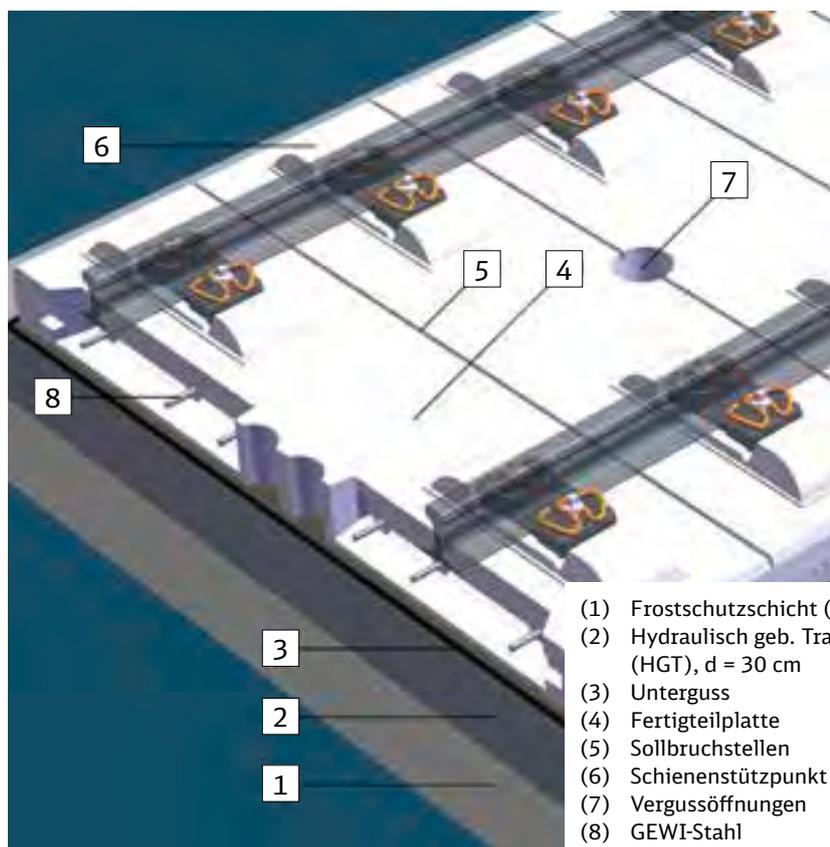


... ermöglicht kurze Einbauzeiten im Tunnel.

Tunnels erfolgt bis 2012. Danach beginnt die Abnahmephase (Rettungsübungen, Einweisungen, Hochgeschwindigkeitsfahrten usw.) für die geplante Inbetriebnahme Ende 2012. Im Netz der Deutschen Bahn gibt es inzwischen mehr als 430 Kilometer Strecke mit verschiedenen Varianten der Festen Fahrbahn, davon 155 Kilometer auf der Neubaustrecke Köln–Rhein/Main und 75 Kilometer auf der Neubaustrecke Nürnberg–Ingolstadt, beide ausgelegt für Tempo 300.

### Erschütterungsschutz

Im Bereich unterhalb der Wohnbebauung von Bad Bellingen wird die Feste Fahrbahn im Katzenbergtunnel mit einem Masse-Feder-System ausgestattet. Dazu werden elastische Matten unterhalb und seitlich der Festen Fahrbahn eingebaut, welche die Fahrbahn von ihrem Untergrund entkoppeln. Die vom Rad-Schiene-Kontakt erzeugten Erschütterungen können so gezielt reduziert werden.



- (1) Frostschuttschicht (FSS)
- (2) Hydraulisch geb. Tragschicht (HGT),  $d = 30 \text{ cm}$
- (3) Unterguss
- (4) Fertigteilplatte
- (5) Sollbruchstellen
- (6) Schienenstützpunkt
- (7) Vergussöffnungen
- (8) GEWI-Stahl



Eigens für den Katzenbergtunnel entwickelte Arbeitsbühne

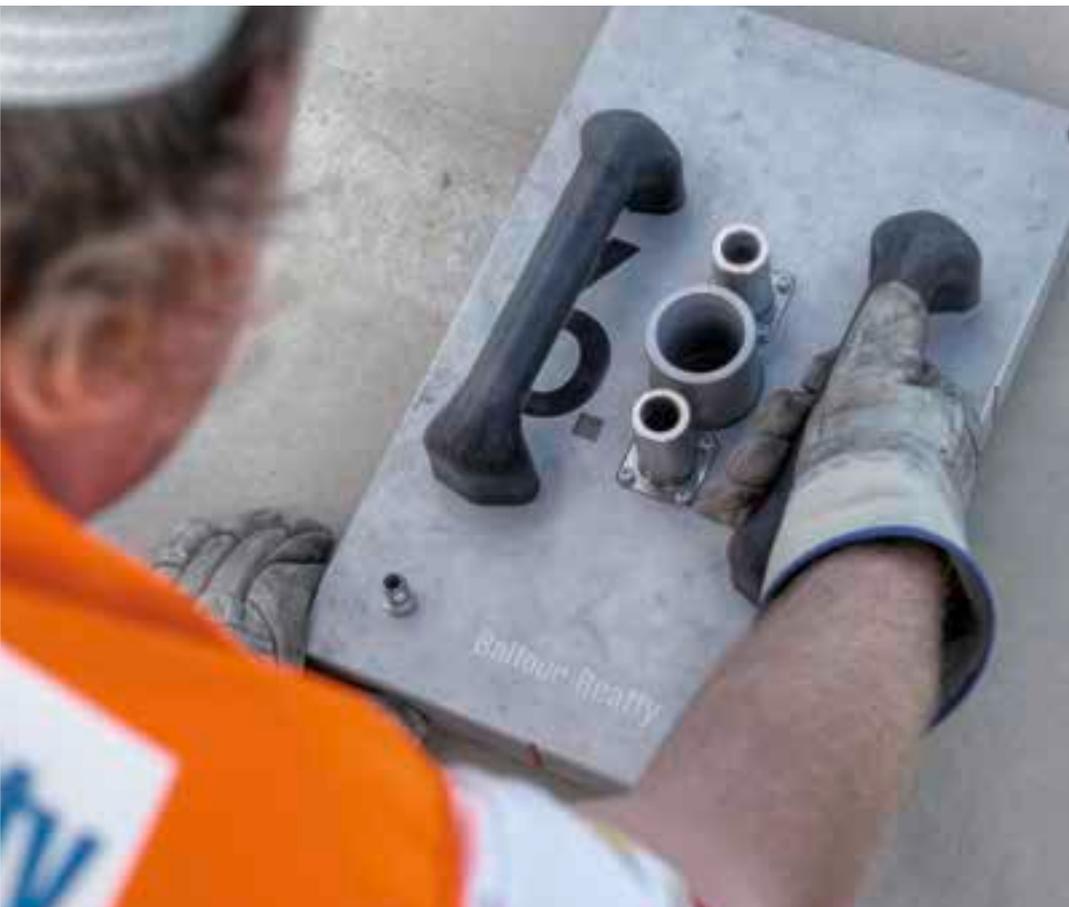
## Neuartige Befestigung der Oberleitung im Tunnel

Oberleitungen sind Spezialdrähte, die die elektrischen Triebfahrzeuge der Züge mit Strom versorgen. Deren spezielle Beschaffenheit hängt von verschiedenen Faktoren ab, die je nach Bahnstrecke und eingesetzten Zügen unterschiedlich sein können. Die Oberleitungsanlagen für den Katzenbergtunnel müssen die Anforderungen an den Hochgeschwindigkeitsverkehr und eine hohe elektrische Leistungsübertragung erfüllen. Mit der Planung und dem Bau des Stromversorgungssystems wurde die Firma Balfour Beatty Rail GmbH beauftragt.

Bei der Befestigung der Fahrleitung im Katzenbergtunnel setzt die Bahn auf ein neues Verfahren: Die Auslegerkomponenten und weitere Bauteile der Oberleitungsanlage werden nicht über die sonst üblichen in die Tunnelringe eingegossenen Ankerschienen, sondern direkt an den Tunnelringen (Tübbing) befestigt. Bei dem Verfahren gilt es gleich mehrere Faktoren zu berücksichtigen: Zum einen müssen die optimalen Längsspannweiten, das heißt der Abstand der Quertrageinrichtung, eingehalten werden, außerdem dürfen die Befestigungen immer nur in einer 80 Millimeter

breiten Bohrgasse angebracht werden. Da die einzelnen Tübbingsteine in ihrer Lage im Ring variieren und zudem in jedem Tübbingring ein Stein – der sogenannte Schlussstein – überhaupt nicht gebohrt werden darf, ist die Planung der Bohrpunkte eine besondere Herausforderung.

Balfour Beatty entwickelte für die verschiedenen Oberleitungsbauteile neun Bohrschablonen. Diese werden an dem ermittelten Fixierpunkt angesetzt und mit Unterdruck angesaugt. Damit durch die Bohrungen keine Verschmutzungen



Bohrschablone für die Montage der Oberleitungsbauteile



Nachspannvorrichtung

in den Tunnel gelangen können, wird der Bohrstaub in einem Arbeitsgang abgesaugt. Für die Arbeit in luftiger Höhe von acht Metern werden neue Arbeitsbühnen eingesetzt, die den Baustellenverkehr im Tunnel nicht beeinträchtigen – ein wichtiger Aspekt in der Tunnellogistik. Für die rund 20 Kilometer Fahrleitung des Katzenbergtunnels werden insgesamt Befestigungspunkte für 2.150 Bauteile benötigt.

Bereits im Dezember 2009 wurden erste Vermessungsarbeiten durchgeführt, die ersten Bohrungen erfolgten im Januar 2010. Danach wurde auf einer Länge von rund 680 Metern eine Referenzstrecke im Tunnel eingebaut. Die restlichen Bohrungen wurden noch 2010 abgeschlossen; die gesamte Elektrifizierung soll bis Ende 2011 fertiggestellt sein.

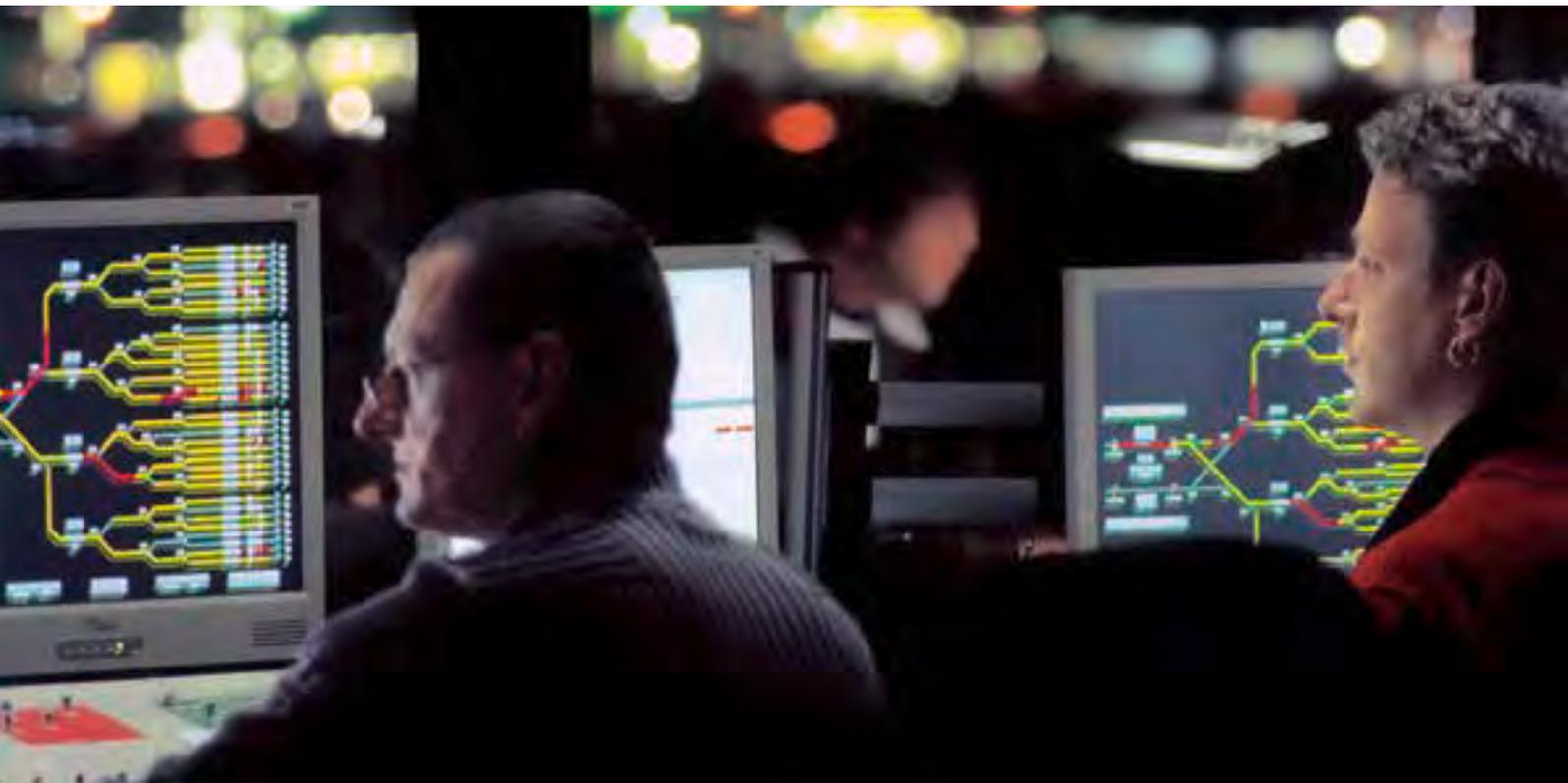
Auch für die Oberleitung selbst galt es neue Wege zu beschreiten, da die sogenannte „Re 330 mit Verstärkungsleitung“ bislang nicht im Regelwerk der

DB AG verzeichnet war. Balfour Beatty Rail entwickelte und konstruierte eine modifizierte „Re 330 eingleisiger Tunnel

in Tübbingweise“ – allein hierfür entstanden rund 30 neue Bauteilzeichnungen.



Fertiggestellte Oberleitung auf der 680 Meter langen Referenzstrecke im Katzenbergtunnel



## Moderne Leit- und Sicherungstechnik

Der Begriff Leit- und Sicherungstechnik umfasst Lösungen und Systeme, die zur Steuerung und Überwachung für die sichere Abwicklung des Schienenverkehrs verwendet werden. Dies umfasst Stellwerke und die angeschlossenen Elemente in der Außenanlage wie Signale, Achszähler und Weichenantriebe, die direkt am Gleis zur Steuerung und Überwachung des Schienenverkehrs eingesetzt werden.

Mit dem Einsatz moderner Leit- und Sicherungstechnik werden die Betriebsabläufe zunehmend automatisch gesteuert und überwacht. Das ist nicht nur unter Kostengesichtspunkten vorteilhaft, sondern ermöglicht auch eine verbesserte Auslastung der Bahnstrecken und eine höhere Qualität der Betriebsführung. Moderne Leit- und Sicherungstechnik bietet somit einen sicheren, zuverlässigen und weitgehend automatisierten Bahnbetrieb.

### Elektronische Stellwerke (ESTW)

Eine zentrale Rolle spielen dabei die Stellwerke, die die Weichen und Signale beispielsweise bei der Einfahrt in einen Bahnhof stellen. Elektronische Stell-

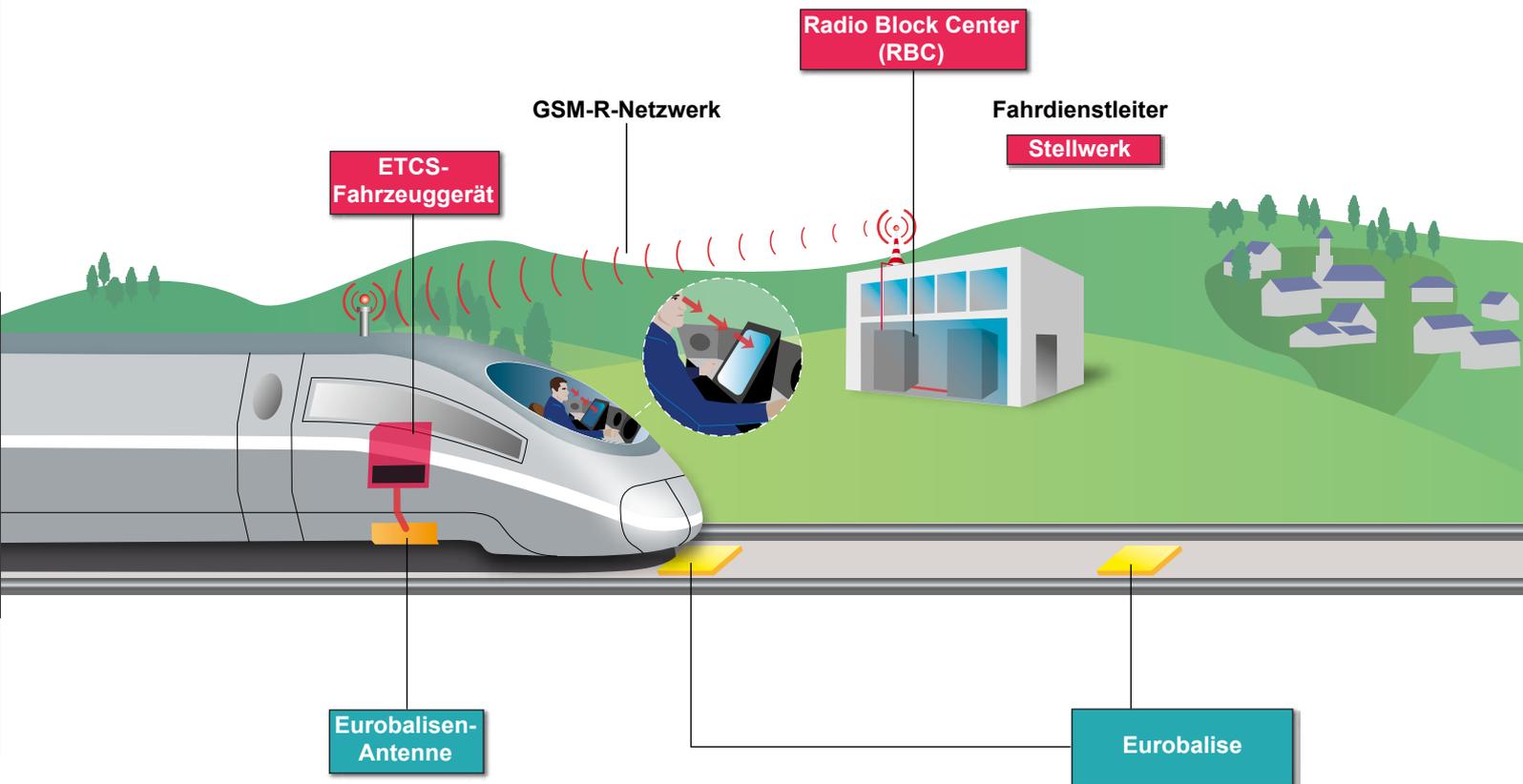
werke liefern die Basis für einen deutlich höheren Automatisierungsgrad in der Betriebsführung. Für den Fahrdienstleiter bedeutet dies eine deutliche Vereinfachung in der Bedienung: Er überwacht und regelt den Zugverkehr nun über Monitore und steuert den Bahnbetrieb per Mausclick. Die für ihn relevanten Informationen, wie der Zustand und die Einstellung der Fahrstraßen und Weichen, sind auf Monitoren übersichtlich angeordnet und erlauben es ihm – falls erforderlich – einzugreifen.

Die ESTW sind in sogenannten Unterzentralen organisiert, die meist kleinere Stellwerke steuern. Entlang der Ausbau- und Neubaustrecke Karlsruhe–Basel sind in Achern, Offenburg und Freiburg

bereits solche Unterzentralen installiert, eine weitere ist in Buggingen vorgesehen. Gesteuert werden diese vier Unterzentralen von der Betriebszentrale in Karlsruhe, die wiederum an die bundesweite Zentrale, die Netzleitstelle in Frankfurt, angeschlossen ist. Der Katzenbergtunnel wird an die Unterzentrale Buggingen angebunden.



Moderne Leit- und Sicherungstechnik ermöglicht einen sicheren und zuverlässigen...



### **CIR-ELKE: Computergesteuertes Leit- und Sicherungssystem**

Im Hinblick auf eine Erhöhung der Leistungsfähigkeit im Kernnetz wurde im Juni 2001 auf einer Pilotstrecke zwischen Offenburg und Basel das neue computergesteuerte Leit- und Sicherheitssystem CIR-ELKE (Computer Integrated Railroading – Erhöhung der Leistungsfähigkeit im Kernnetz) eingeführt. Mit dessen Hilfe soll die Leistungsfähigkeit um 15 Prozent gesteigert werden. Das Leit- und Sicherheitssystem ersetzt die Lichtsignale an der Strecke durch individuelle Signale direkt im Führerraum der Züge. Dadurch sind höhere Zuggeschwindigkeiten und geringere Zugabstände möglich. In der Summe steigert die neue Technik die Effizienz der Strecke und erzielt eine höhere Betriebsqualität.

### **ETCS, das künftige europäische Leit- und Sicherungssystem**

Um den internationalen Schienenwettbewerb zu fördern, hat die EU einen verbindlichen Gesetzesrahmen zur Harmonisierung des Schienenverkehrs in Europa geschaffen. Ziel ist es unter anderem, den grenzüberschreitenden Bahnverkehr durch ein europäisches standardisiertes Leit- und Sicherungs-

system zu erleichtern. Langfristig soll das neue ETCS (European Train Control System) die heute noch 22 unterschiedlichen Zugsicherungssysteme ersetzen. Die Strecke Karlsruhe–Basel – und damit auch der Katzenbergtunnel – wird mit diesem neuen System ausgerüstet. Die bislang eingesetzte Technik findet auch weiterhin Verwendung, da die Umrüstung aller Züge und Strecken europaweit noch einige Jahre dauern wird.

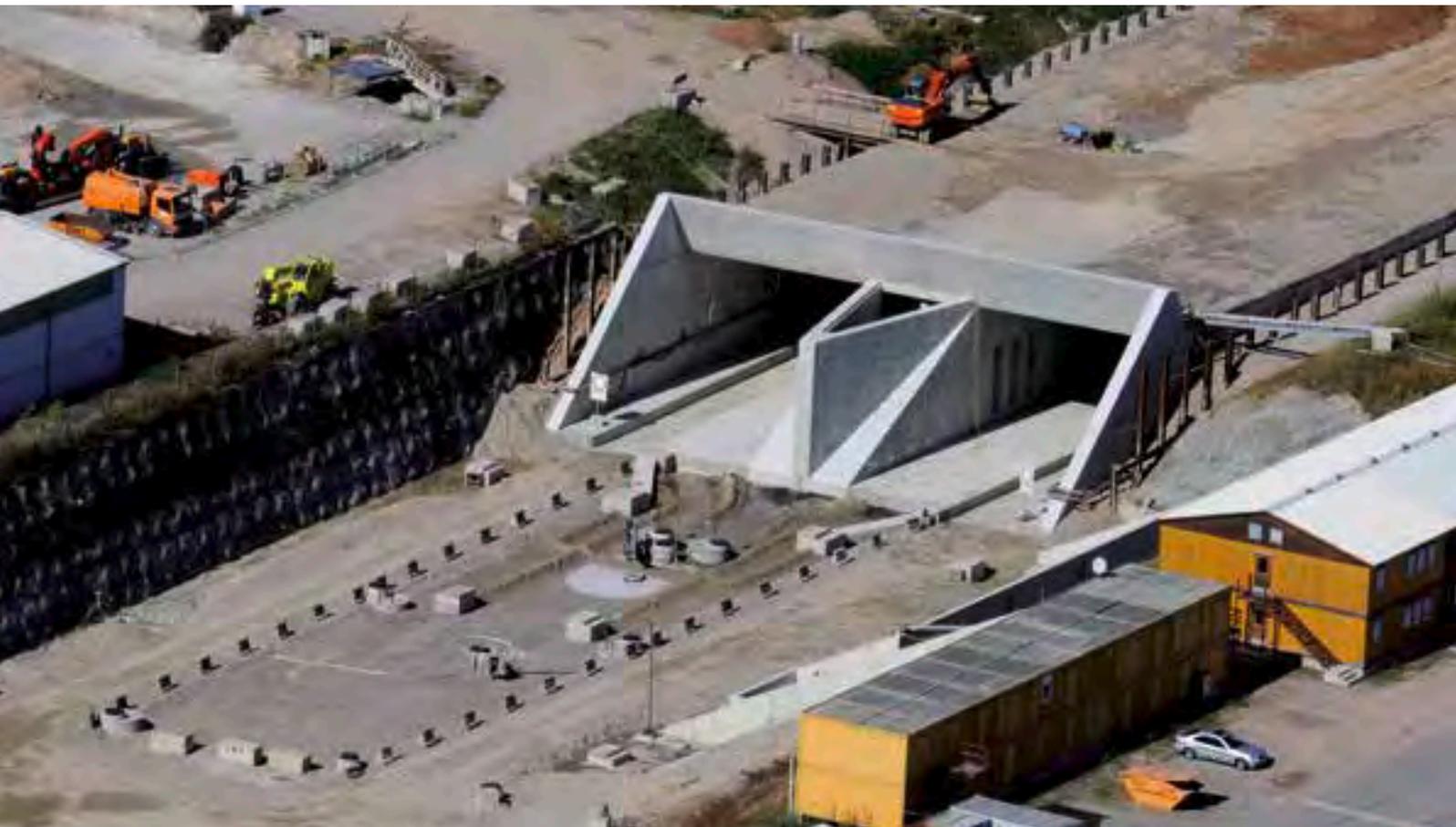
### **Digitales Mobilfunknetz für die Zukunft**

Voraussetzung für das europäische Leit- und Sicherungssystem ETCS ist der neue

Digitalfunk GSM-R (Global Systems for Mobile Communication-Rail). Die Deutsche Bahn baut GSM-R auf 24.000 Streckenkilometern des bundesweiten Schienennetzes auf und ersetzt dort den klassischen analogen Zugfunk. Durch diesen europäischen Standard im Bahnfunk wird die betriebliche Kommunikation weiter verbessert. Neben der hohen Verfügbarkeit von mehr als 99,9 Prozent bietet GSM-R die Möglichkeit zum gezielten Datenaustausch, beispielsweise mit einzelnen Zügen oder Fahrdienstleitern. Im Bereich der Güterumfahrung Freiburg sowie des Katzenbergtunnels werden neue GSM-R-Standorte aufgebaut.



... sowie weitestgehend automatisierten Bahnbetrieb.



Das Sonic-Boom-Bauwerk am Südportal

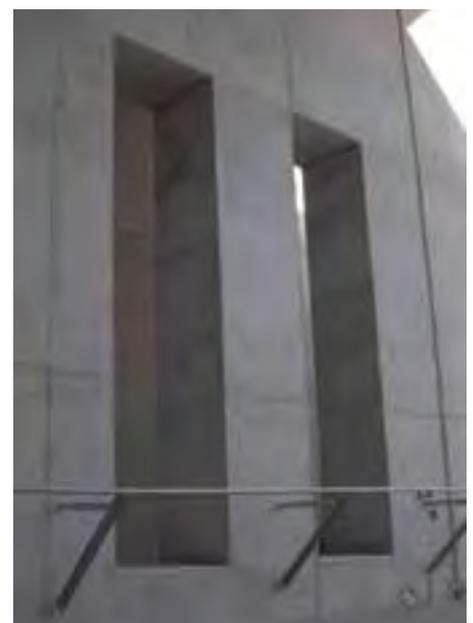
## Sonic Boom: spezielle Portale gegen Tunnelknall-Effekt

Eingleisige Tunnelröhren mit Fester Fahrbahn, die auch von Rettungsfahrzeugen genutzt werden können, erfüllen die höchsten Anforderungen der Sicherheits- und Rettungskonzepte im Schienenverkehr. Im Hochgeschwindigkeitsverkehr haben diese Bauwerke jedoch konstruktionsbedingt gegenüber zweigleisigen Tunnelröhren einen Nachteil: Wegen des deutlich kleineren Querschnitts können bei der Tunnelein- und -ausfahrt lautstarke Geräusche entstehen. Fährt ein Zug mit sehr hoher Geschwindigkeit in einen Tunnel, entsteht eine Druckwelle, die dem Zug mit Schallgeschwindigkeit vorausseilt. Am Tunnelausgang kann dies zu einem explosionsartigen Knall führen. Dieses physikalische Phänomen des Tunnelknall-Effekts bezeichnen die Fachleute auch als Sonic-Boom. Während die Schallemission insbesondere für die unmittelbare Nachbarschaft eine Belas-

tung darstellt, kann der plötzliche Druckwechsel bei den Zuginsassen auch zu einem unangenehmen Druck auf den Ohren führen.

Der Tunnelknall-Effekt wird durch folgende Faktoren maßgeblich beeinflusst:

- die Einfahrtgeschwindigkeit
- das Zugdesign
- den Tunnelquerschnitt (enge und glatte Tunnel begünstigen den Tunnelknall-Effekt)
- die Länge des Tunnels
- die Oberbau-Ausführung (die Feste Fahrbahn begünstigt den Effekt)



Sowohl die seitlichen Öffnungen ...



... als auch die oberen Öffnungen des Haubenbauwerks ermöglichen den Druckausgleich.

Die folgenden Lösungen wirken dem Effekt entgegen:

- Querschnittsaufweitungen am Tunnelausgang
- Deckenöffnungen am Tunnelportal zum Druckausgleich
- Einhausungen am Tunnelportal
- Einsatz von Zügen mit aerodynamischer Bugform
- Reduzierung der Einfahrtgeschwindigkeit
- Erhöhung der Absorptionsfähigkeit des Tunnels durch strukturierte Oberflächen, z. B. durch Schotteroberbau

oder spezielle Innenauskleidung im Tunnel oder Schallabsorber im Gleisbereich der Festen Fahrbahn

### Spezielle Konstruktion verhindert Tunnelknall

Mit einer neuen Bauweise im Bereich der Tunnelportale wird dem Sonic-Boom-Effekt am Katzenbergtunnel entgegen gewirkt. Erstmals in Europa wurden dazu entsprechende Haubenbauwerke realisiert: Die Tunnelportale werden hier trichterförmig gestaltet und nicht mehr senkrecht sondern schräg am Berg angesetzt. Da der Katzenbergtunnel im Süden mit einem 115 Meter langen und im Norden mit einem 286 Meter langen Abschnitt in offener Bauweise endet, konnten die 50 Meter langen Hauben-

bauwerke wirtschaftlich in diese Bereiche integriert werden.

Am Südportal sorgen große Öffnungen in den Betonwandelementen dafür, dass sich die Druckwellen ausbreiten können. Diese optimierte Portalform schützt so die Anwohner in Efringen-Kirchen und Bad Bellingen und die Reisenden zugleich. Im Bereich des Nordportals sollte die geplante Geländemodellierung beibehalten werden. Eine Haube mit Fensteröffnungen verhindert die Entstehung eines Tunnelknalls im gegenüberliegenden Ausfahrportal.

Weitere Informationen zur Ausbau- und Neubaustrecke Karlsruhe–Basel finden Sie im Internet unter [www.karlsruhe-basel.de](http://www.karlsruhe-basel.de)

Gerne können Sie sich auch vor Ort im Infocenter des Katzenbergtunnels informieren. Neben einer Ausstellung halten wir dort weitere Materialien zur Ausbau- und Neubaustrecke sowie zum Katzenbergtunnel für Sie bereit.

### Öffnungszeiten

Di–So 13.00 Uhr bis 18.00 Uhr  
Montag geschlossen

Besichtigungen mit Besuchergruppen nach Vereinbarung unter +49 761 212-4504

### Anfahrt zum Infocenter Katzenbergtunnel

Autobahn A5 Abfahrt Efringen-Kirchen, weiter auf der L 137 durch Efringen-Kirchen in Richtung Egringen fahren. Auf der L 137 circa einen Kilometer hinter Efringen-Kirchen nach links auf die K 6323 abbiegen und der K 6323 circa einen Kilometer folgen. Auf dem Parkplatz der Baustelle können Sie Ihren Pkw parken.



### Impressum/Kontakt

DB ProjektBau GmbH  
Regionalbereich Südwest  
Großprojekt Karlsruhe–Basel  
Schwarzwaldstraße 82  
76137 Karlsruhe  
Telefon: 0761 212-4504  
E-Mail: [dbprojektbau@dbnetze.com](mailto:dbprojektbau@dbnetze.com)  
[www.deutschebahn.com](http://www.deutschebahn.com)

Konzeption und Gestaltung:  
DB ProjektBau GmbH/Kommunikation  
PRpetuum GmbH, Frankfurt am Main

#### Fotos:

DB AG/Sebastian Rödig (Titel; S. 6; S. 7, oben rechts; S. 10, unten), DB AG/Erhard Hehl (S. 2; S. 10, oben; S. 11), Max Bögl/Michael Behringer (S. 3, oben), Max Bögl/M. Ottowitz (S. 3, unten), Max Bögl/Schlierf (S. 4, unten), Max Bögl/W. Seitz (S. 5, oben), Balfour Beatty/Harald Schön (S. 7, oben links und unten), DB AG/Max Lautenschläger (S. 8, oben; S. 9, unten), Thales/Egbert Zowalla (S. 8, unten)

Änderungen vorbehalten,  
Einzelangaben ohne Gewähr.  
Stand: Mai 2011

Das Projekt wird gefördert mit  
Mitteln der Europäischen Union

