

Ingenieurbauwerke  
der Neubaustrecken  
der Deutschen  
Bundesbahn

#### HERAUSGEBER

Dipl.-Ing. Peter Koch, Mitglied des Präsidiums des Verbandes der Deutschen Bahnindustrie e.V., Frankfurt a. M.  
Professor Dr.-Ing. Rolf Kracke, Universität Hannover, Mitglied des Verwaltungsrats der DB  
Dipl.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Theo Rahn, Präsident des Bundesbahn-Zentralamts München

#### SCHRIFTLLEITER

Dipl.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Franz Hälner, Abteilungspräsident beim Bundesbahn-Zentralamt München,  
Arnulfstraße 19, D-8000 München 2, Ruf (089) 128 5437  
Professor Dr.-Ing. Karl W. Schreck, Friedrich-Bender-Straße 10, D-6240 Königstein (Ts.), Ruf (061 74) 2 16 12

#### KONZEPTION UND KOORDINATION

Dipl.-Ing. Leo Glatzel, Bundesbahndirektor, ZENTRALE Hauptverwaltung der DB, Mainz

#### REDAKTIONSMITGLIEDER

Dipl.-Ing. Wolfgang Feldwisch, Bundesbahnoberrat, ZENTRALE Hauptverwaltung der DB, Frankfurt a. M.  
Dipl.-Ing. Lothar Henrich, Ltd. Bundesbahndirektor, ZENTRALE Hauptverwaltung der DB, Frankfurt a. M.

#### WIRTSCHAFT UND WERBUNG

Willy Waßmuth, Holzhofallee 33, D-6100 Darmstadt, Ruf (061 51) 3907-47, Fax (061 51) 3907-77

#### FACHWISSENSCHAFTLICHER BEIRAT

Dipl.-Ing. Baum, Leiter des Geschäftsgebietes Sicherungssysteme der Siemens AG, Braunschweig  
Dipl.-Ing. von Bernuth, Vorstandsmitglied Verkehrsausschuß BDI, Köln  
Dipl.-Ing. Beyer, Mitglied des Vorstands der ABB Henschel AG  
Dipl.-Ing. (FH) Ditting, Direktor, Krupp Verkehrstechnik GmbH, Kiel  
Professor Dr.-Ing. Eisenmann, TU München  
Dipl.-Ing. Eisenring, Präsident der SBB, Bern  
Professor Dr.-Ing. Frederich, RWTH Aachen  
Dipl.-Ing. Gemeinhardt, Bereichsleiter in der ZENTRALE Hauptverwaltung der DB, Frankfurt a. M.  
Dipl.-Ing. Görlitz, Geschäftsführer der Krauss-Maffei Verkehrstechnik GmbH, München  
Professor Dipl.-Ing. Gottfried, Hauptabteilungsleiter in der ZENTRALE Hauptverwaltung der DB, Frankfurt a. M.  
Dipl.-Ing. Grübmeier, Bereichsleiter Neubaustrecken und Leiter der Bahnbauzentrale in der ZENTRALE Hauptverwaltung der DB, Mainz  
Hofrat Dipl.-Ing. Hainitz, Generaldirektor-Stellvertreter der ÖBB, Wien  
Professor Dr.-Ing. Heimerl, Universität Stuttgart (TH)  
Dipl.-Ing. Heitkamp, Geschäftsführer der E. Heitkamp GmbH, Herne  
Professor Dr.-Ing. Herbst, TU Berlin  
Professor Dr.-Ing. Hochbruck, Hauptgeschäftsführer des Verbandes der Deutschen Bahnindustrie e.V., Frankfurt a. M.  
Dipl.-Ing. Honnefelder, Vorstandsmitglied der Dyckerhoff & Widmann AG, München  
Dipl.-Ing. Kramer, Mitglied der Geschäftsführung der ABB HENSCHEL Waggon Union GmbH, Netphen  
Dipl.-Ing. Linkerhägner, Ministerialdirigent a. D., Mainz-Mombach  
Professor Dipl.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Lissou, Präsident der BD München  
Dr.-Ing. Luber, Vorstandsmitglied der Held & Francke Bau AG, München  
Professor Dr.-Ing. E. h. Maak, Geschäftsführer der Deutschen Brenner-Tunnel Projektgesellschaft mbH, München  
Dipl.-Ing. Martinsen, Vorsitzender des Bereichsvorstands Verkehrstechnik der Siemens AG, Erlangen  
Dr. jur. Mennicken, Ministerialdirektor, Abteilungsleiter beim Bundesministerium für Forschung und Technologie, Bonn  
Professor Dipl.-Ing. Dr. rer. pol. Miz, Vorsitzender der Geschäftsführung der AEG Westinghouse Transport-Systeme GmbH, Berlin  
Friedrich W. Möller, Ministerialrat, Präsidiumsmitglied des Deutschen Verkehrsforum e. V., Bonn  
Dipl.-Ing. Mollé, Bereichsleiter in der ZENTRALE Hauptverwaltung der DB, Frankfurt a. M.  
Dr.-Ing. Müller-Hellmann, Geschäftsführer des Verbands Deutscher Verkehrsunternehmen, Köln  
Dipl.-Ing. Münchswander, Mitglied des Vorstands der DB/DR, Frankfurt a. M.  
Dr.-Ing. E. h. Pällmann, Mitglied des Telekom-Vorstands, Berlin  
Professor Dr.-Ing. Pierick, TU Braunschweig  
Dipl.-Ing. Reimers, Repräsentant des Bahnvorstands der DB/DR, Frankfurt a. M.  
Dipl.-Kfm. Sanders, Leiter des Unternehmensbereichs Bahnen, Standard Elektrik Lorenz AG, Stuttgart  
Dipl.-Ing. Scheiler, Geschäftsführer der EVDR Bahn Consult GmbH, Berlin  
Dipl.-Ing. Sitzmann, Ministerialrat a. D., Frankfurt a. M.  
Dipl.-Ing. Stuchly, Bereichsleiter in der ZENTRALE Hauptverwaltung der DB, Frankfurt a. M.  
Dipl.-Ing. Troche, Ministerialrat, Hauptabteilungsleiter in der ZENTRALE Hauptverwaltung der DB, Frankfurt a. M.  
Professor Dipl.-Ing. Voß, Universität Hannover  
Dipl.-Ing. Voß, Ministerialrat, Hauptabteilungsleiter in der ZENTRALE Hauptverwaltung der DB, Frankfurt a. M.  
Dr.-Ing. E. h. Weigelt, Präsident der BD Nürnberg  
Dipl.-Ing. Wiedemann, Frankfurt a. M.  
Dipl.-Ing. Wölters, Stellv. Vorstandsmitglied der DB/DR, Frankfurt a. M.  
Dipl.-Volkswirt Wolz, Geschäftsführer des Verbandes der Deutschen Bahnindustrie e.V., Frankfurt a. M.

## Geleitwort

Mit Inbetriebnahme der beiden Neubaustrecken Hannover—Würzburg und Mannheim—Stuttgart im Juni 1991 wurde das größte zusammenhängende Bauprogramm im Netz der Deutschen Bundesbahn (DB) nach dem Zweiten Weltkrieg zu einem erfolgreichen Abschluß gebracht. Im Verlaufe dieser beiden neuen Strecken waren zahlreiche Brücken, Tunnel und Erdbauwerke mit z. T. außerordentlichen Dimensionen zu errichten. Dabei sind in vielen Fällen interessante technische Sondervorschläge und eigenwillige Konstruktionen zur Ausführung gekommen, die als Meilensteine in der Weiterentwicklung neuzeitlicher Ingenieurbaukunst gelten können.

In dieser Hinsicht drängt sich ein Vergleich zum Beginn des Eisenbahnzeitalters vor 150 Jahren auf, das mit den damaligen umfangreichen Streckenneubauten außerordentlich befruchtend auf alle Disziplinen der Bautechnik wirkte und viele neuartige Bauverfahren sowie großartige Bauwerke, wie z. B. weitgespannte Stahlbrücken, entstehen ließ.

Herausgeber und Verlag haben deshalb die Anregung des ehemaligen Bereichsleiters Neubaustrecken in der Zentrale der Deutschen Bundesbahn, Dipl.-Ing. Wilhelm Linkerhägner, gern aufgegriffen, den vorliegenden Band 44 des Archivs für Eisenbahntechnik (AET) dem ebenso umfangreichen und vielfältigen wie auch interessanten Themenkomplex der Ingenieurbauwerke auf den Neubaustrecken der DB zu widmen. In zwanzig Abhandlungen werden von namhaften Experten der Bahnverwaltung, der Wissenschaft und der Bauindustrie grundlegende Entwicklungen im Brücken-, Tunnel- und Erdbau sowie herausragende Bauobjekte beschrieben. Alle Aufsätze lassen den hohen technischen Stand deutscher Ingenieurbaukunst erkennen, die durch z. T. schwierigste Konstruktionen und Ausführungen auf den Neubaustrecken bemerkenswerte Innovationen erfahren hat. Besondere Bedeutung bei allen Objekten haben die wirtschaftliche Bauausführung ebenso wie eine kostengünstige Instandhaltung und Wartung dieser langlebigen Anlagen, die viele Jahrzehnte möglichst störungsfrei dem Bahnbetrieb dienen sollen.

Die vorliegende neue Ausgabe der AET wäre ohne die konzeptionelle Arbeit und engagierte Mitwirkung von Dipl.-Ing. Leo Glatzel aus dem Bereich Infrastrukturplanung Neubaustrecken der DB nicht zustande gekommen. Ihm gebührt dafür besonderer Dank.

Möge diese Dokumentation von fast zwei Jahrzehnten intensiver Streckenbautätigkeit der bautechnischen Fachwelt im Rückblick und Ausblick auf weitere neue Aufgaben beim Ausbau des Eisenbahnnetzes ein nützlicher Begleiter und Ratgeber sein!

Für die Herausgeber  
Prof. Dr.-Ing. Rolf Kracke  
Universität Hannover

# Inhalt

## ERD- UND GRUNDBAUTEN

---

- 11 Grundsatzfragen des Erd- und Grundbaus für Hochgeschwindigkeitsstrecken  
Hans-Georg Kempfert, Konstanz, und Wolfgang Vogel, München
- 41 Flächendeckende dynamische Verdichtungskontrolle  
Aris Samaras, Karlsruhe, und Wolfgang Vogel, München
- 61 Sicherung von Böschungen am Beispiel des Überholungsbahnhofs Körle  
Walter Wittke, Aachen, und Siegfried Scholz, Kassel
- 75 Der Massivdamm innerhalb der Verbindungskurve Bruchsal  
Alfred Pellar, Darmstadt, und Gerhard Prommersberger, Karlsruhe
- 99 Der Neubaustreckenabschnitt der Deutschen Bundesbahn zwischen Fulda und Würzburg — Landschaftsplanung und ingenieurbio-logische Aufgaben  
Karl Kagerer, Ismaning

## TUNNELBAU

---

- 115 Entwicklung von Tunnelquerschnitten für Neubaustrecken und Ausbaustrecken  
Klaus Martinek, München
- 131 Der Freudensteintunnel — Ein neuer Maßstab für den Stand der Technik  
Dieter Kirschke, Ettlingen, und Gerhard Prommersberger, Karlsruhe
- 157 Tunnelbau in Erdfallgebieten  
Heinz Duddeck, Braunschweig, Horst Geißler und Friedrich Schrewe, Hannover
- 167 EDV-gestützte geotechnische Messungen  
Johann Schmieder, Grenzach-Wyhlen, und Heinz Duddeck, Braunschweig

- 177 Einsatz von Spritzbeton beim Herstellen der Tunnel für die Neubaustrecken der Deutschen Bundesbahn  
Gunther Brux, Frankfurt a. M.

#### BRÜCKENBAU UND GRÜNDUNGEN

---

- 187 Anforderungen des Hochgeschwindigkeitsverkehrs an Brückenbauwerke  
Wolfgang Stier, München
- 205 Meßtechnische Überprüfung von Überbauten der großen Eisenbahnbrücken unter Hochgeschwindigkeitsverkehr  
Wilmar Weber, München
- 221 Grundzüge der Rahmenplanung für Talbrücken  
Gerhard Prommersberger, Karlsruhe, und Richard Rojek, Augsburg
- 247 Die Rombachtalbrücke  
Hanspeter Harries, Neu-Isenburg, und Jürgen Mörscher, Frankfurt a. M.
- 265 Wälsbachtalbrücke — Eine außergewöhnliche Brücke im Erdfallgebiet  
Walter Engels, Frankfurt a. M., und Rolf Katzenbach, Darmstadt
- 291 Brücken mit externer Vorspannung bei der Deutschen Bundesbahn  
Josef Eibl, Karlsruhe, Rolf Pfeifer, München, und Gerhard Prommersberger, Karlsruhe
- 307 Die Mainbrücke Nantenbach  
Ortwin Schwarz, Nürnberg, und Jochen Haensel, Bochum
- 323 Die Eisenbahnbrücke über die Werra bei Hedemünden  
Wolfgang Freystein, Hannover, und Karlheinz Roik, Bochum
- 343 Konzeption der Brücken der Neubaustrecken im Hinblick auf die Instandhaltung  
Rolf Grüter, Frankfurt a. M., und Rolf Hoffmann, München
- 359 Ausblick, Zukunftsentwicklungen  
Wilhelm Linkerhägner und Leo Glatzel, Mainz
- 363 Forschungsarbeiten aus dem Bereich spurgeführter Verkehrssysteme an den Universitäten 1989/1991

# Die Autoren

Dipl.-Ing. Gunther Br u x , Schreyerstraße 13, 6000 Frankfurt a. M. 70.

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. h. Heinz D u d d e c k , Institut für Statik, Technische Universität Braunschweig, Beethovenstraße 51, 3300 Braunschweig.

Prof. Dr.-Ing. Josef E i b l , o. Professor und koll. Leiter des Instituts für Massivbau und Baustofftechnik der Universität Karlsruhe. Am Fasanengarten 2, 7500 Karlsruhe 1.

Dipl.-Ing. Walter E n g e l s , Projektleiter Neubau-  
strecken, Projektgruppe NBS Frankfurt (M) der  
Bahnbauzentrale, Friedrich-Ebert-Anlage 35, 6000  
Frankfurt a. M. 1.

Dipl.-Ing. Wolfgang F r e y s t e i n , bis Dezember  
1991 Brückendezernent, Projektgruppe NBS Han-  
nover der Bahnbauzentrale, Joachimstraße 8, 3000  
Hannover.

Dr. Horst G e i ß l e r , Niedersächsisches Landesamt  
für Bodenforschung, Andertenstraße 101, 3000  
Hannover 53.

Dipl.-Ing. Rolf G r ü t e r , Hauptabteilungsleiter  
Brücken- und Konstruktiver Ingenieurbau, Zentrale  
Hauptverwaltung der Deutschen Bundesbahn,  
Friedrich-Ebert-Anlage 43—45, 6000 Frankfurt  
a. M. 1.

Dr.-Ing. Jochen H a e n s e l , Prüflingenieur für Bau-  
statik, Ingenieurbüro HRA, Haensel · Roik · Al-  
brecht & Partner, Kohlenstraße 70, 4630 Bochum 1.

Dr.-Ing. Hanspeter H a r r i e s , Partner und Ge-  
schäftsführer der Ingenieurgesellschaft Harries +  
Kinkel, Beratende Ingenieure VBI, Friedhofstra-  
ße 74, 6078 Neu-Isenburg.

Dipl.-Ing. Rolf H o f f m a n n , Dezernent für  
Schweißtechnik, Sondergebiete des Stahlbrücken-  
baus, Bauwerksprüfung, Fortbildung im Konstruktiven  
Ingenieurbau, Bundesbahn-Zentralamt Mün-  
chen, Arnulfstraße 19, 8000 München 2.

Prof. Dipl.-Ing. Karl K a g e r e r , Landschaftsarchi-  
tekt BDLA, Oskar-Messter-Straße 15, 8045 Is-  
maning.

Dr.-Ing. Rolf K a t z e n b a c h , Geschäftsführender  
Gesellschafter des Grundbauinstituts Prof. Dr.-Ing.  
H. Sommer und Partner GmbH, Beratender Inge-  
nieur, Ing. KH, Öffentlich bestellter und vereidigter  
Sachverständiger, Stephanstraße 8, 6100 Darm-  
stadt.

Prof. Dr.-Ing. Hans-Georg K e m p f e r t , Ingenieur-  
gemeinschaft Kempfert + Partner, May-Strome-  
yer-Straße 1, 7750 Konstanz (vormals Bundesbahn-  
Zentralamt München).

Prof. Dr.-Ing. Dieter K i r s c h k e , Beratender Inge-  
nieur für Felsmechanik und Tunnelbau, Guten-  
bergstraße 9, 7505 Ettlingen.

Dipl.-Ing. Klaus M a r t i n e k , Dezernent für Tunnel-,  
Fels-, Erd- und Grundbau, Bundesbahn-Zentralamt  
München, Arnulfstraße 19, 8000 München 2.

Dipl.-Ing. Jürgen M ö r s c h e r , Leiter des Verant-  
wortungsbereiches Tunnel-, Erd-, Fels-, Grundbau  
und Bahnübergänge, Zentrale Hauptverwaltung  
der Deutschen Bundesbahn, Friedrich-Ebert-An-  
lage 43—45, 6000 Frankfurt a. M. 1.

Dipl.-Ing. Alfred P e l l a r , Leiter der Niederlassung  
Karlsruhe des Ingenieurbüros Krebs und Kiefer · In-  
genieur-Beratung GmbH, Hilpertstraße 20, 6100  
Darmstadt.

Dipl.-Ing. Rolf P f e i f e r , Dezernent für die Bemes-  
sung von Betonbauwerken und für EDV im  
Brücken- und Konstruktiven Ingenieurbau, Bun-  
desbahn-Zentralamt München, Arnulfstraße 19,  
8000 München 2.

Dr.-Ing. Gerhard P r o m m e r s b e r g e r , Dezernent  
für Brücken- und Tunnelbau, Projektgruppe NBS  
Karlsruhe der Bahnbauzentrale, Bahnhofstraße 5,  
7500 Karlsruhe 1.

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. h. Karlheinz R o i k , Prüf-  
ingenieur für Baustatik, Ingenieurbüro HRA, Haen-  
sel · Roik · Albrecht & Partner, Kohlenstraße 70,  
4630 Bochum 1.

Prof. Dr.-Ing. Richard R o j e k , Professor für Massiv-  
bau, Prüflingenieur für Baustatik, Hirtwiesen 15,  
8904 Friedberg.

Dipl.-Ing. Aris S a m a r a s, Dezernent für Streckenplanung und -bau, Projektgruppe NBS Karlsruhe der Bahnbauzentrale, Bahnhofstraße 5, 7500 Karlsruhe 1.

Dipl.-Ing. Johann S c h m i e d e r, Beratender Ingenieur VBI, Geschäftsführer der bpi Büro für Planung und Ingenieurtechnik GmbH, Solvayplatz 51—55, 78899 Grenzach-Wyhlen.

Dipl.-Ing. Siegfried S c h o l z, Abteilungsleiter Streckenplanung, Projektgruppe NBS Frankfurt (M) der Bahnbauzentrale, Kölnische Straße 81, 3500 Kassel.

Prof. Dipl.-Ing. Friedrich W. S c h r e w e, Projektleiter Neubaustrecken, Projektgruppe NBS Hannover der Bahnbauzentrale, Joachimstraße 4/5, 3000 Hannover.

Dipl.-Ing. Ortwin S c h w a r z, Dezernent für Brücken und Konstruktiven Ingenieurbau, Projekt-

gruppe NBS Nürnberg der Bahnbauzentrale, Sandstraße 38—40, 8500 Nürnberg 70.

Dipl.-Ing. Wolfgang S t i e r, Abteilungsleiter Bautechnik, Bundesbahn-Zentralamt München, Arnulfstraße 19, 8000 München 2.

Dipl.-Ing. Wolfgang V o g e l, wissenschaftlicher Angestellter im Dezernat für Erd- und Grundbau, Bahnübergänge, Bundesbahn-Zentralamt München, Arnulfstraße 19, 8000 München 2.

Dipl.-Ing. Wilmar W e b e r, Dezernent für Brückenbelastbarkeit, Baudynamik und Meßwesen im Konstruktiven Ingenieurbau, Bundesbahn-Zentralamt München, Arnulfstraße 19, 8000 München 2.

Prof. Dr.-Ing. Walter W i t t k e, Geschäftsführer der Prof. Dr.-Ing. W. Wittke, Beratende Ingenieure für Grundbau und Felsbau GmbH, Königstraße 73 b, 5100 Aachen.

# Grundsatzfragen des Erd- und Grundbaus für Hochgeschwindigkeitsstrecken

*Das große Bauvolumen für Erdbauwerke und Bauwerksgründungen sowie die besonderen Anforderungen für Strecken, die langfristig ohne betriebliche Einschränkungen mit hohen Geschwindigkeiten befahren werden sollen, haben die Notwendigkeit geschaffen, sich mit den damit entstandenen technischen Fragestellungen in grundsätzlicher Weise zu befassen. Die Besonderheiten, die sich für Erdbauwerke von Hochgeschwindigkeitsstrecken ergeben, werden beschrieben.*

*Außerdem werden zu ausgewählten erd- und grundbautechnischen Aufgaben bei Erstellung von Neu- und Ausbaustrecken Erkenntnisstände und Erfahrungen mitgeteilt. Daraus sind Empfehlungen für ähnliche Überlegungen bei zukünftigen Hochgeschwindigkeitsstrecken abgeleitet.*

## 1 Einleitung

Mit der Entscheidung Anfang der 70er Jahre über den Bau von neuen Strecken und den Ausbau bestehender Strecken in einem für die Deutsche Bundesbahn (DB) bis dahin nicht erreichten Umfang sind grundsätzliche Fragestellungen für Planung und Bauausführung der Ingenieurbauwerke verbunden gewesen. Einen bedeutenden Bereich stellt dabei der Erd- und Grundbau dar, der sich zum einen mit der Erstellung von Erdbauwerken (Dämme, Einschnitte, Fahrbahnunterbau, flexible Stützkonstruktionen), zum anderen mit der Gründung von Kunstbauwerken (Brücken, Tunnel, Hochbauten, Stützmauern) sowie deren Beanspruchung aus Boden und Wasser befaßt. In vielen Fällen greifen erdbautechnische und grundbautechnische Fragestellungen ineinander.

Im folgenden werden Erd- und Grundbauprobleme aus der Sicht des für bautechnische Grundsatzfragen zuständigen Bundesbahn-Zentralamtes (BZA) München behandelt. Aus den bearbeiteten zahlreichen erd- und grundbautechnischen Fragen und Problemen werden in Abschnitt 2 (Erdbau) und 3 (Grundbau) einige Beispiele herausgegriffen.

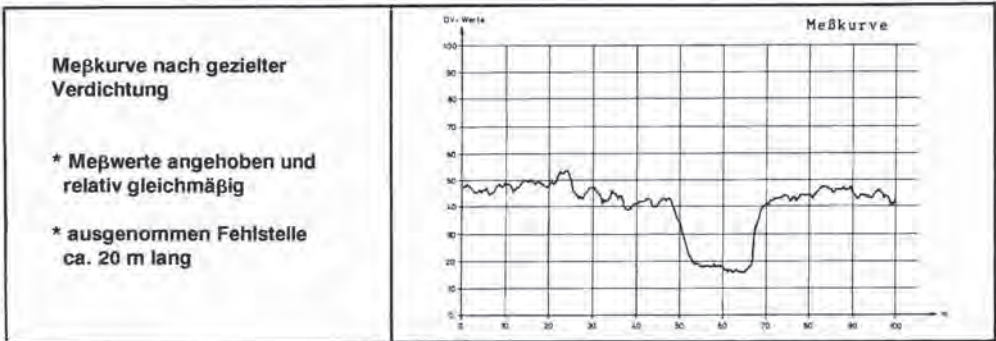
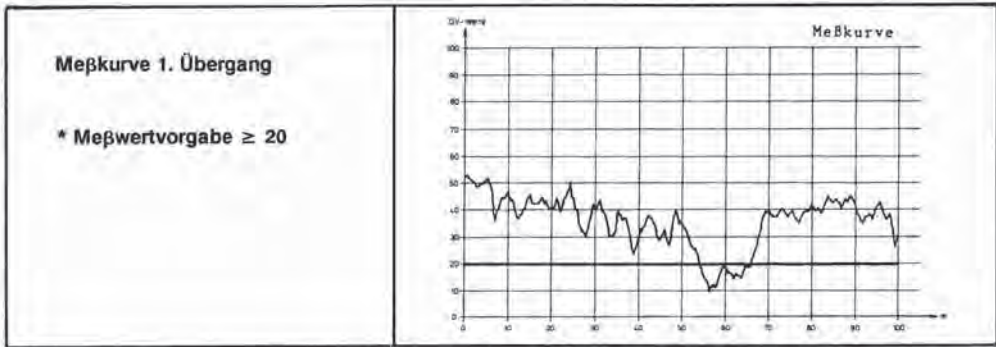
Zu den Aufgaben des BZA München zählt auch, die vorhandenen Erfahrungen und Erkenntnisse auszuwerten und den Anwendern, d. h. den planenden und bauausführenden Stellen, in Form des bautechnischen Regelwerks oder durch projektbezogene Beratung zur Verfügung zu stellen. Hierzu dienen die vom BZA München erarbeiteten und im Geschäftsbereich der Deutschen Bundesbahn eingeführten Vorschriften, herausgegeben als sogenannte Druckschriften (DS). Soweit im Rahmen dieses Beitrags von Bedeutung, wird die Entwicklung dieser Vorschriften dargestellt.

## 2 Grundsatzfragen des Erdbaus

### 2.1 Aufgabenstellung

Während in den vergangenen Jahren auf Grund der relativ begrenzten Bautätigkeit im Bereich der DB die erdbautechnischen Festlegungen überwiegend im Einzelfall erfolgten, mußten für die vorgesehenen umfangreichen Baumaßnahmen der Neubaustrecken (NBS) und Ausbaustrecken (ABS) allgemeingültige umfassende Regelungen getroffen werden, um einen gleichmäßig hohen Qualitätsstand der Erdbauwerke bei zugleich hoher Wirtschaftlichkeit sicherzustellen. Diese Regelungen sollen den beratenden und planenden Ingenieuren, den ausführenden





Herkömmliche Eigenüberwachungsprüfung (Lastplatte) an der Schwachstelle nach Kennzeichnung in der Örtlichkeit anhand der Meßkurve

Mit der anschließend durchgeführten Rammsondierung wurde festgestellt, daß ab ca. 1 m Tiefe die Schlagzahlen absinken.

—> nicht tragfähiger Boden

Abhilfe: Bodenaustausch

Nach exakt begrenztem Bodenaustausch und entsprechender Verdichtung wurde auf der gesamten Spur ein ausreichender Meßwert erreicht.

LP - Versuch

Ergebnis:  $E_{V2} = 73 \text{ MN/m}^2$

gefordert:  $E_{V2} = 45 \text{ MN/m}^2$

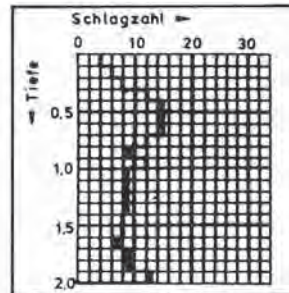


Bild 2: Beispiel zur Lokalisierung einer Fehlstelle im Untergrund, Darstellung in einer Meßspur

Verhältniswert  $E_{V2}/E_{V1}$  ließ sich keine Fehlstelle nachweisen. Mit einer Rammsondierung wurde aber festgestellt, daß die Schlagzahlen ab etwa 1 m Tiefe rasch absinken. Man war so auf eine alte Bachniederung gestoßen, die im Rahmen der Vorerkundung nicht festgestellt worden war. Der Boden wurde im Bereich des niederen Meßniveaus metergenau ausgetauscht. Mit dem Verfahren der FDVK konnten auf diese Weise noch weitere Unstetigkeitsstellen aufgespürt und im Rahmen des Bauablaufs wirtschaftlich beseitigt und damit die Qualität des Erdbauwerks erheblich verbessert werden.

Beim *lagenweisen Herstellen des Unterbaus* oder beim *lagenweisen Aufbau von Dammbauwerken* kann nach dem selben Prinzip und mit den selben Kriterien wie bei der beschriebenen

Überprüfung des Untergrunds vorgegangen werden. Somit könnten alle Baumaßnahmen mit dem Baustoff „Erde“, an die Qualitätsanforderungen zu stellen sind, nämlich

- ▷ Untergrund und
  - ▷ Unterbau (dabei eingeschlossen die lagenweise aufzubauenden Dammbauwerke)
- mit diesem System beurteilt und geprüft werden.

Stehen im Untergrund nichtbindige oder schwachbindige Böden an oder werden solche Materialien für den Aufbau von Dämmen verwendet, lassen sich die dynamischen Meßwerte nach den vorliegenden Erfahrungen oder nach entsprechender Kalibrierung (vgl. auch Abschnitt 6)

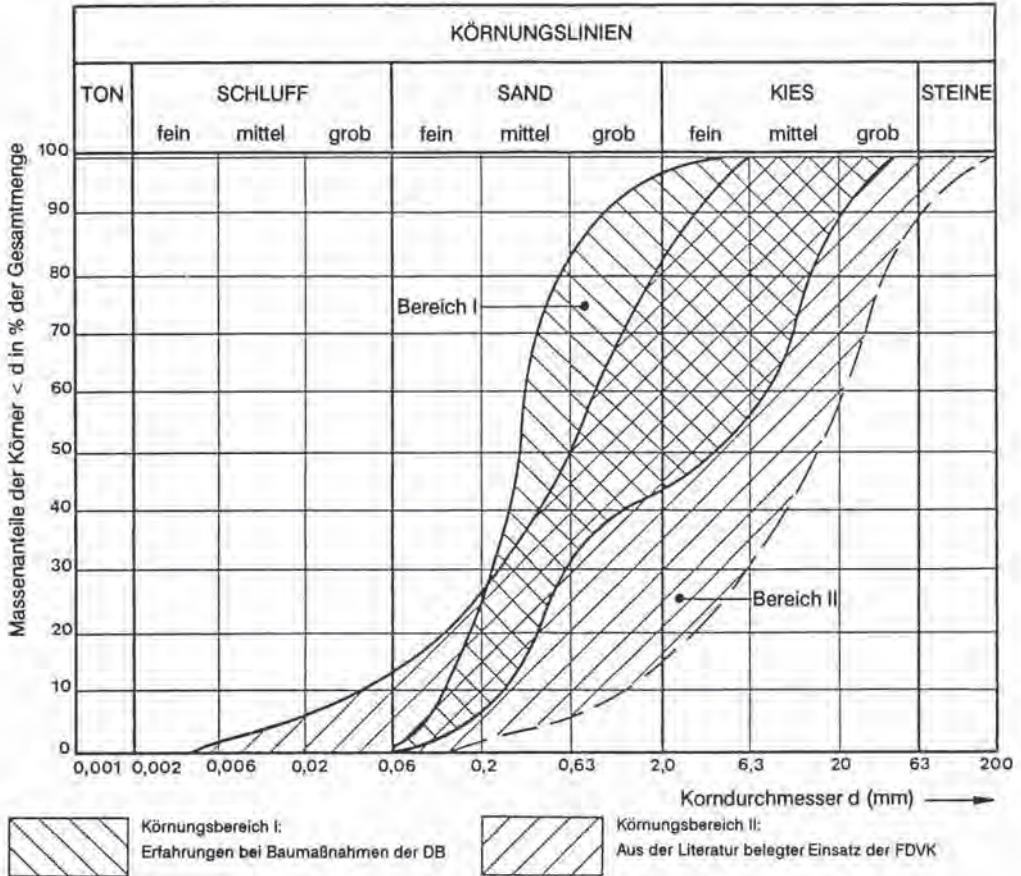


Bild 3: Körnungsbereiche der Böden mit Anwendungserfahrungen der FDVK

so hinreichend genau beurteilen, daß auf die konventionelle Prüftechnik weitgehend verzichtet werden kann und ein nahezu unterbrechungsfreier Bauablauf möglich ist. Im Schrifttum und nach den Erfahrungen der DB ist der erfolgreiche Einsatz der FDVK in den Korngrößenbereichen nichtbindiger und schwachbindiger Böden belegt (Bild 3). Die sich somit darstellenden Anwendungsbereiche und Einsatzmöglichkeiten des Verfahrens der FDVK gestatten erstmals, Untergrund und Unterbau in kurzer Zeit zur Gänze flächig Schicht für Schicht anhand von Meßwerten zu beurteilen und ggf. zu prüfen.

Bei bindigen Böden und auch bei heterogenen Bodenverhältnissen sind zusätzlich physikalische Erscheinungen, insbesondere Einflüsse aus dem Wassergehalt des Bodens, in ihren Auswirkungen zu berücksichtigen. Dementsprechend wird die Aussagekraft der dynamischen Meßwerte bzw. die Beurteilungsmöglichkeit des Bodens mehr orientierenden und steuernden

Die von der DB festgelegte innere Tragwerksbegrenzung berücksichtigt nur den bautechnischen Nutzraum. Die anderen bautechnisch erforderlichen Zuschläge für das Sollausbruchprofil des Tunnels muß das bauausführende Unternehmen aufgrund der Ausführungsplanung und des gewählten Vortriebsverfahrens ermitteln und angeben.

Die alten Eisenbahntunnel haben sich insbesondere auch für später notwendig werdende Instandsetzungsarbeiten als zu eng erwiesen. Deshalb wurde schon in den Technischen Vereinbarungen [8] von 1930 ein Reservemaß von 0,30 m bei zweigleisigen und von 0,40 m bei eingleisigen Eisenbahntunneln als Zuschlag zu den erforderlichen Mindestmaßen für spätere bautechnische Zwecke gefordert. Dieser ringförmige bautechnische Nutzraum (Bild 7) kann für später notwendig werdende Einrüstungen oder Verstärkungen des Ausbaus oder auch bis 0,1 m Dicke für eine Schallschutzverkleidung herangezogen werden. Letztere wird aber vom Baudienst nur ungern akzeptiert, da sie die Zugänglichkeit und Einsehbarkeit der Tunnelleitung verhindert.

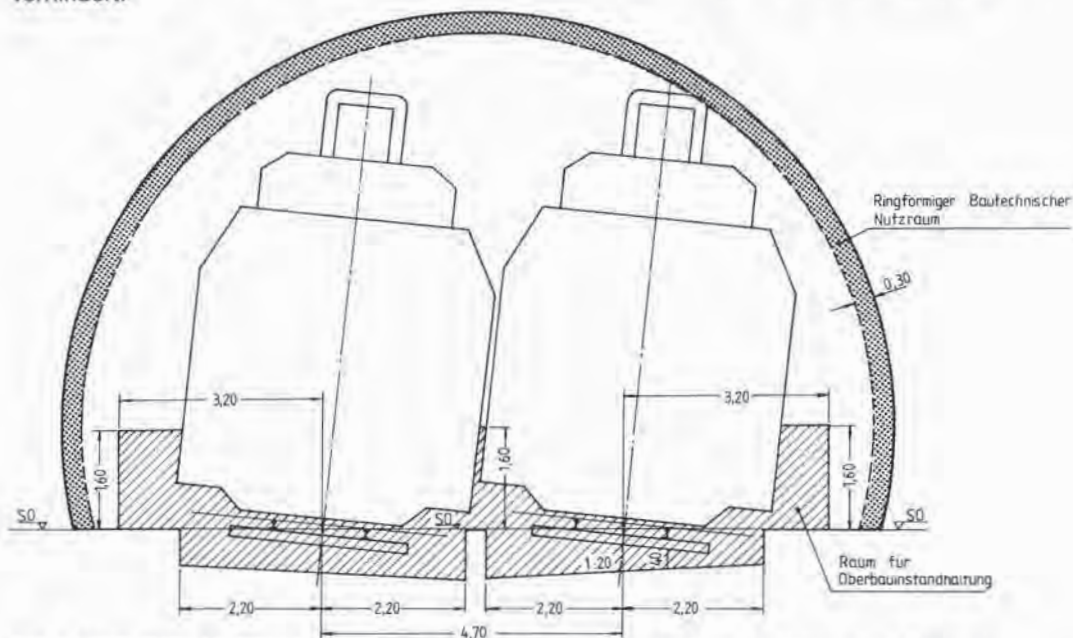


Bild 7: Ringförmiger bautechnischer Nutzraum und für die Instandhaltung des Schotteroberbaus freizuhaltende Räume

Der moderne untertägige Tunnelbau erfordert aus statischen Gründen den „Sohlenschluß“. Bei Gebirge aus hartem, verwitterungsbeständigem Fels kann dieses hierzu herangezogen werden, der Eisenbahntunnel also in diesem Fall unten „offen“ sein. Der nächste konstruktive Schritt ist bei schlechter werdendem Gebirge die Sohlplatte aus Stahlbeton. Erfahrungsgemäß ist diese auf Dauer nur wirksam, wenn sie mindestens 0,5 m dick ausgeführt wird. Sohlriegel unter der Fahrbahn sollten wegen der ungünstigen Beeinflussung des Fahrverhaltens für den Hochgeschwindigkeitsverkehr nicht angewandt werden. Eine weitere Verschlechterung der Gebirgsverhältnisse erfordert ein flaches Sohlgewölbe. Bei sehr schlechten Gebirgsverhältnissen muß dann ein tiefliegendes Sohlgewölbe oder gar der Vollkreisquerschnitt vorgesehen werden, der sich beim Einsatz von Vollvortriebsmaschinen oder beim klassischen Schildvortrieb automatisch ergibt.

Rechteckunnel der offenen Bauweise können sich auf einen nur 0,1 m breiten bautechnischen Nutzraum beschränken, der auch als Vorbehaltsraum für eine mögliche spätere Schallschutzverkleidung in Betracht kommt.

Die Einbauten der Fachdienste werden zunächst an der Tunnelwand im bautechnischen Nutz-

raum angebracht. Wenn dieser später für bautechnische Zwecke benötigt wird, müssen die Einbauten in die dafür vorgesehenen Räume umgesetzt werden.

Die NBS-Tunnel der ersten Generation wurden überwiegend mit Tunnellängsentwässerungsleitungen ausgerüstet, entweder als Mittel- oder Seitenentwässerung. Schwierigkeiten traten dabei insbesondere bei der Anordnung der Entwässerungsschächte auf. Für die Mittelentwässerung wurde ein während der Schotterbettreinigung abnehmbarer Schachtkopf entwickelt. Für die Schächte der Seitenentwässerung mußten entweder die Kabelkanäle verzogen oder doch wieder kleine Nischen in der Tunnelwand eingebaut werden. Über diese Probleme hilft künftig die größere Rettungswegbreite hinweg (vgl. Abschnitt 2.7).

### 2.5.2 Anforderungen des Oberbaus

Regelausführung auch in Tunneln der DB ist der Querswellen-Oberbau mit Schotterbett. Zwar wurden in einigen Tunneln verschiedene Bauarten der schotterlosen „Festen Fahrbahn“ bereits erprobt, aber wirtschaftliche Gründe sprechen gegenwärtig immer noch für den Schotteroberbau.

Die Instandsetzung des Oberbaus mit Oberbaumaschinen erfordert eine Mindestschotterbreite von  $2 \times 2,20 \text{ m} = 4,40 \text{ m}$  je Gleis und zusätzlich an der Gleisaußenseite einen Arbeitsraum, damit es möglich ist, neben den Baumaschinen am Gleis entlang zu gehen (vgl. Bild 7). Bei Überhöhung der Gleise dreht sich dieser Seitenraum nicht mit. Der Arbeitsraum wird durch andere später beschriebene Anforderungen automatisch geschaffen.

Schotterlose „Feste Fahrbahnen“ haben kleinere Abmessungen als der Schotteroberbau und lassen sich deshalb jederzeit in die für Schotteroberbau entwickelten Tunnelquerschnitte integrieren.

Für die Anhebung der Schienenoberkante bei der Instandsetzung des Schotteroberbaus wird eine Hebungstoleranz von 0,1 m vorgehalten. Diese Hebungstoleranz ist nunmehr im neuen EBO-Regellichtraum enthalten und braucht deshalb künftig nicht mehr besonders berücksichtigt zu werden.

In Einzelfällen nicht zu umgehende Überleitstellen im Tunnel erhalten in der Regel Weichen EW60-1200-1:18,5. Der ERL mußte hierfür seitlich um 120 mm erweitert werden. Beim neuen Regellichtraum der EBO sind hierfür keine Erweiterungen mehr notwendig. Für die Stell- und Sicherungseinrichtungen der Weichen sind die Tunnel bis 2,5 m über Sollhöhe der SO örtlich bis zu 0,55 m aufzuweiten. Die Kabelkanäle und ggf. Tunnelentwässerungen werden in diesen Bereichen zur Tunnelwand verzogen.

### 2.5.3 Anforderungen aus ortsfesten elektrischen Anlagen

Der Stützpunktabstand der elektrischen Oberleitung Re 250 für die Neubaustrecken wurde im Tunnel auf 44 m festgelegt im Gegensatz zur offenen Strecke, wo er maximal 65 m beträgt. Dadurch konnte die erforderliche Bauhöhe der Tunnel um etwa 0,7 m verringert werden. Im Gegensatz zur offenen Strecke mit in der Regel gegenüberliegenden Oberleitungsstützpunkten der beiden Gleise werden diese im Tunnel um jeweils 8 m gegeneinander versetzt angeordnet. Die schrittweise Umstellung der Oberleitung von der Regelausführung der offenen Strecke auf die Regelausführung im Tunnel erfolgt im unmittelbaren Bereich vor den Tunnelportalen. Die Blocklänge des Tunnelausbaus soll ein ganzzahliges Teil des Stützpunktabstandes betragen, damit sich die Anordnung der Ankerschienen im Tunnelausbau zur Befestigung der Oberleitung und Verstärkungsleitung nach gleichem Schema in den Tunnelblöcken wiederholt. In der Praxis haben sich  $44 \text{ m} : 5 = 8,8 \text{ m}$  Blocklänge für den Tunnelausbau mit wasserundurchlässigem Ortbeton und  $44 \text{ m} : 4 = 11 \text{ m}$  Blocklänge für mit Kunststoffbahnen abgedichtete Tunnel der Neubaustrecken eingespielt.

Zur Erzielung weiterer Querschnittsverringierungen in den NBS-Tunneln wurde die Seitenverschiebung des Fahrdrabtes bei der Re 250 auf 0,3 m gegenüber 0,4 m der bisherigen DB-

Meß- punkt	Schatterzugfahrten				Idealtyp 6 (Tafel 1)	Lastbilder (Tafel 1)		obs $\phi$		$\phi$ nach	
	$10^6 \epsilon_{(0)}$	$10^6 \epsilon_{(v)}$	$10^6 \max \Delta \epsilon$	$1+\phi$	$10^6 \max \epsilon_6$	$10^6 \max \epsilon_{UIC71}$	$10^6 \max \epsilon_{SW}$	UIC71	SW	DS804	
1.4	x	-11,1	-11,5	-0,4	1,04	-15,3	-16,0	-15,5	0,98	1,01	1,06
	y	6,0	7,4	1,4	1,23	9,8	8,4	10,2	1,33	1,10	1,44
1.6	x	-12,1	-12,7	-0,6	1,05	-17,4	-17,6	-17,8	1,02	1,01	1,06
	y	11,4	11,7	0,3	1,03	20,1	16,6	20,5	1,23	1,00	1,25
1.7	x	-12,3	-13,0	-0,7	1,06	-16,5	-15,8	-17,5	1,09	0,98	1,06
	y	11,2	12,2	1,0	1,09	17,0	17,6	17,1	1,02	1,05	1,25
1.11	x	21,4	24,7	3,3	1,15	34,8	36,2	36,1	1,05	1,06	1,06
	y	11,8	12,8	1,0	1,08	17,9	18,0	18,5	1,05	1,02	—

Legende Verzerrungen > 0      Dehnungen

Tafel 2: Aus Messung ermittelte Schwingfaktoren obs  $\phi$  (Versuchsüberbau der NBS-Brücke bei Schaippach)

k maßgebend, dessen statische Zustandsgröße  $\max S_k$  am größten ausfällt. Da im allgemeinen  $\max \lambda_{\text{Norm},k} < 1$  ist, wird, falls das Gleichheitszeichen in (5.7) gelten soll,

$$\phi < 1 + \varphi_k. \quad (5.8)$$

Das will heißen, der Schwingfaktor ist im allgemeinen kleiner als der zugehörige Schwingbeiwert.

Werden die angegebenen Formeln auf die Meßwtergebnisse der Schaippach-Brücke angewandt, so führen sie für die einzelnen Meßpunkte auf die Schwingfaktoren obs  $\phi$  der Tafel 2. Nachdem weiter oben nachgewiesen wurde, daß für die Fahrbahnplatte mit Kragarmen im statischen Fall das Lastbild SW maßgebend wird, beziehen sich die aus Messung ermittelten Schwingfaktoren auf dieses Lastbild. Sie werden in der Tafel 2 den Schwingfaktoren aus der DS804 gegenübergestellt. Die Tabellierung zeigt, daß es möglich ist, kleinere Schwingfaktoren anzusetzen. Die Verallgemeinerung dieses Faktos ist zulässig, nachdem weitere gleichartige Erfahrungen vorliegen.

Mit dem Ziel einer transparenten Darstellungsweise bietet es sich an bei zweigleisigen Kasten-trägerbrücken aus Spannbeton mit NBS-Querschnitt und querschottlosen Feldbereichen, die Fahrbahnplatte einschließlich ihrer Kragarme wie folgt zu dimensionieren:

- ▷ Fahrbahnplatten in Quer- und Längsrichtung müßten für die Lastbilder UIC71 und SW bemessen werden. Dabei wäre eine wirklichkeitsnahe Modellierung des querschottlosen Kastenträgers unter vollständiger Berücksichtigung der sekundären Normalspannungen aus Profilverformungen in der Fahrbahnplatte und den Kragarmen sicherzustellen.
- ▷ Zur Berücksichtigung des wirklichen Schwingfaktors in Querrichtung der Fahrbahnplatte einschließlich ihrer Kragarme empfiehlt es sich, die vierfache Stützweite der Platte in ihrer Haupttragrichtung als maßgebende Länge  $\ell_\phi$  anzusetzen.

Der letzte Vorschlag ergibt für den Anwendungsfall „Schaippach-Brücke“ eine maßgebende Länge in Querrichtung  $\ell_\phi := 4 \times 6,37 \text{ m} = 25,48 \text{ m}$ . Daraus folgt nach DS 804 Tabelle 4 ein Schwingfaktor  $\phi := 1,12$ . Damit sind alle Schwingfaktoren obs  $\phi$  für das maßgebende Lastbild SW in der Tafel 2 wirtschaftlich abgedeckt.

## 5 Zusammenfassung

Durch die statischen und dynamischen in-situ-Messungen an Brücken einer Neubaustrecke wurde nachgewiesen, daß die theoretischen Grundlagen zur Berechnung der Überbauten infolge vertikaler Lasten des Hochgeschwindigkeitsverkehrs sich bewährt haben.

Die Messungen zeigen aber auch, daß bei der Dimensionierung der Gesamtfahrbahnplatte von zweigleisigen Kastenträger-Überbauten mit querschottfreien Mittelbereichen für jedes Gleis neben dem Lastbild UIC 71 zusätzlich das Lastbild SW zu berücksichtigen ist. Damit ist für jedes Gleis gewährleistet, daß die statischen Einwirkungen aller sechs ideellen Betriebslastenzüge des UIC-Merkblattes 776-1 abgedeckt sind. Dieser Aufwand läßt es zu, die maßgebende Länge der Gesamtfahrbahnplatte für ihre Haupttragrichtung mit der vierfachen Plattenstützweite zu berechnen. Die Tabelle 4 der DS 804 ergibt dann einen kleineren Schwingfaktor.

Es ist ein Gebot der Sicherheit, daß die voll mittragenden Breiten der gesamten Fahrbahnplatte für die Haupttragwirkung von Kastenträgern mit den Mitteln der DS 804 Abschnitt 5.4 nachgewiesen und berücksichtigt werden. Die Nachweismittel setzen im allgemeinen jedoch voraus, daß die über den Stützungen befindlichen Querschotte mit der Fahrbahnplatte auch schubfest verbunden sind. Wird auf diesen Verbund verzichtet, dann ist mit einer zusätzlichen Verringerung der errechneten voll mittragenden Tafelbreiten zu rechnen.

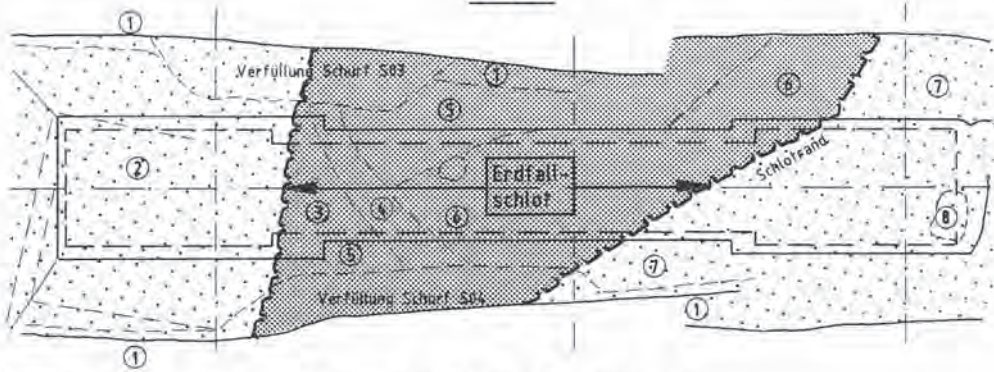
## 6 Ausblick

Die Brückenplaner haben beim Entwurf der NBS-Brücken viel Neues erarbeitet. Bei der Aufdeckung von Neuerungen ist der Ingenieur in einer prekäreren Lage als der Naturwissenschaftler. Die „erkenntnisleitenden Interessen“ (J. Habermas) beider sind verschieden. In den Naturwissenschaften läßt sich die Verwertung gewonnener Erkenntnisse thematisch und zeitlich nicht planen. Der forschende Ingenieur dagegen hat die Forschung und Entwicklung in einen direkten Verwertungszusammenhang zu fügen. Das will vor allem heißen: Er ist gehalten, das Problem in einer vorgegebenen Zeitspanne zu lösen. Dabei sind von ihm zusätzliche Nebenbedingungen zu beachten: Das Gebot der Wirtschaftlichkeit und Sicherheit. Der „suchende“ Ingenieur arbeitet stets mit dem Grundkonflikt des Sokrates-Dilemmas. Es ergibt sich aus der Forderung der Technik des „Handeln-müssens“, aber letztlich „Nicht-wissen-könnens“ [1] (S. 1065). Immanuel Kant (1724 bis 1804) drückte es feiner aus: „Die Notwendigkeit des Handelns reicht weiter als die Möglichkeit des Erkennens“. Trotz dieser immanenten Schwierigkeiten hat der innovative Ingenieur die Probleme zu überwinden mit Hilfe seines Wissens, seiner Erfahrung und Intuition (Ingenium). Dazu soll hier noch das Walt-Disney-Wort dazugefügt werden, das er als Geländer benutzen kann: „If you can dream it you can do it“.

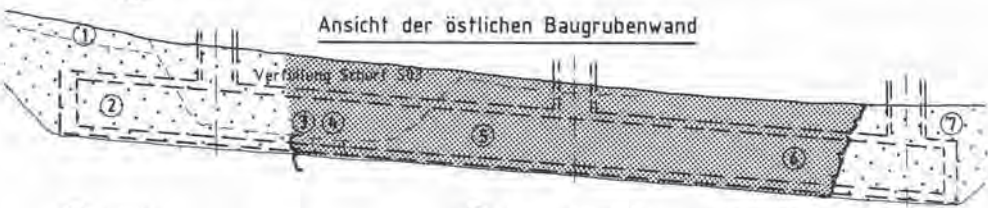
### Schrifttum

- [1] Blank, U.: Zur Logik ingenieurwissenschaftlicher Arbeit. VDI-Zeitschrift 122 (1980), Nr. 23/24, S. 1061...1068.
- [2] Schulze, H.: Grundlegende Unterschiede zwischen Statik und Dynamik der Eisenbahnbrücken. Signal und Schiene 21 (1977), H. 1...4, S. 27...29, S. 66...67, S. 101...103, S. 137...139.
- [3] Weber, W.: Das brückenbautechnische Beurteilungsverfahren von Schwerwagensendungen bei der Deutschen Bundesbahn. Schienen der Welt 15 (1984), H. 3, S. 33...41.
- [4] Deutsche Bundesbahn, Versuchsanstalt München, BT/BT112: Messungen zur statischen Probelastung der Maintalbrücke bei Gemünden in km 291,411 der NBS Hannover-Würzburg. [Masch.-schr.] Bericht 63105 vom 23.02.1987.
- [5] Deutsche Bundesbahn, Versuchsanstalt München, BT/BT 111: Dynamische Messungen an der Maintalbrücke Gemünden in km 291,411 der NBS Hannover-Würzburg unter einem Versuchszug und einem Schotterzug. [Masch.-schr.] Bericht 831701 vom 31.03.1989.
- [6] Deutsche Bundesbahn, Versuchsanstalt München, BT/BT 111: Dynamische Messungen an der Maintalbrücke bei Gemünden in km 291,411 der NBS Hannover-Würzburg. [Masch.-schr.] Bericht 831702 vom 28.04.1989.
- [7] Deutsche Bundesbahn, Versuchsanstalt München, BT: Statische und dynamische Untersuchungen an der Sinnalbrücke Schaippach in km 289,152 der NBS Han-Wü. [Masch.-schr.] Bericht 831703/707 vom 28.04.1989.
- [8] Eisenmann, J.: Neubaustrecke in Porto. Eisenbahningenieur 42 (1991), H. 7, S. 386...387.
- [9] Braune, W.: Beitrag zur Feststellung der Belastbarkeit von Ingenieurbauten durch die Bestimmung von Einflußlinien aus Dehnungsmessung unter beliebigen wandernden Lasten. Die Bautechnik 54 (1977), H. 5, S. 145...149.
- [10] Bach, G. [v.], und Graf, O.: Gesamte und bleibende Einsenkungen von Eisenbetonteilen. Deutscher Ausschuß für Eisenbeton, H. 27. Berlin: Wilhelm Ernst & Sohn, 1914.
- [11] Lindlar, H.-G.: Zur Profilverformung einzelliger Kastenträger. [Masch.-schr.] Diss. Darmstadt, 1984.

### Lageplan



### Ansicht der östlichen Baugrubenwand



- |                           |   |
|---------------------------|---|
| ① Lößlehm                 | ⑤ Ton, weich-steif, grau, mit Braunkohle        |
| ② Röt-Tonstein, dunkelrot | ⑥ Ton, weich-steif, schwarzgrau, mit Braunkohle |
| ③ Röt-Tonstein, gelb      | ⑦ Muschelkalk, fest, weißgelb                   |
| ④ Brekzie aus Muschelkalk | ⑧ Algenkalkriff, kavernös, mit Tonlagen         |

Bild 7: Ergebnis der Schlotkartierung am Schlot 1

In Bild 8 sind das Kornverteilungsband und die Atterberg'schen Konsistenzgrenzen für typische tertiäre Versturzmassen der Erdfall-schlote angegeben. Beim natürlichen Wassergehalt von 15% bis 30% besitzen die hochplastischen Tertiärtone eine mittlere Fließgrenze von etwa 70% mit Spitzenwerten bis 100%. Die Festigkeit der tonigen Versturzmassen streut stark und liegt je nach Schicht- und Sickerwasserzutritten zwischen weich und halbfest. Der Gebirgsverformungsmodul der Versturzmassen im Wälsbachtal ist mit Mittelwerten zwischen 1,5 MN/m<sup>2</sup> und 3,0 MN/m<sup>2</sup> für die Erstbelastung deutlich geringer als in dem zum Vergleich herangezogenen Schlot im Schwarzbachtal (Bild 9).

### 4.3 Unterer Muschelkalk

Am Nordhang des Wälsbachtals steht der Untere Muschelkalk (muW1)<sup>1)</sup> an, der meist aus fe-

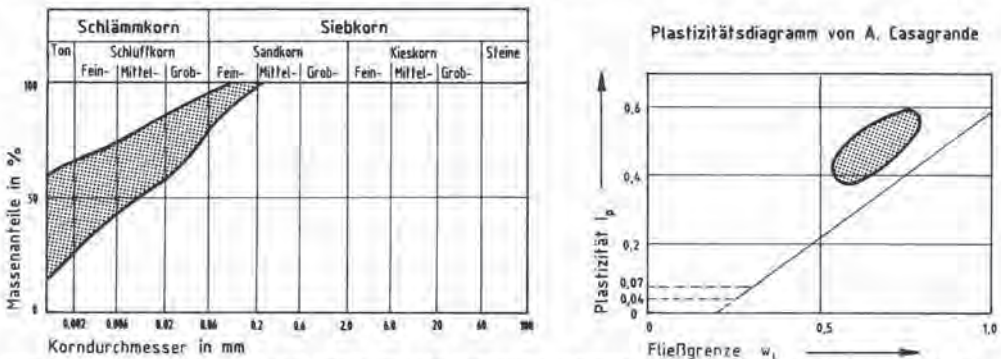


Bild 8: Kornverteilungsband und Atterberg'sche Grenzen der tertiären Versturzmassen der Erdfall-schlote

<sup>1)</sup> Stratigraphische Abkürzung der Folgen

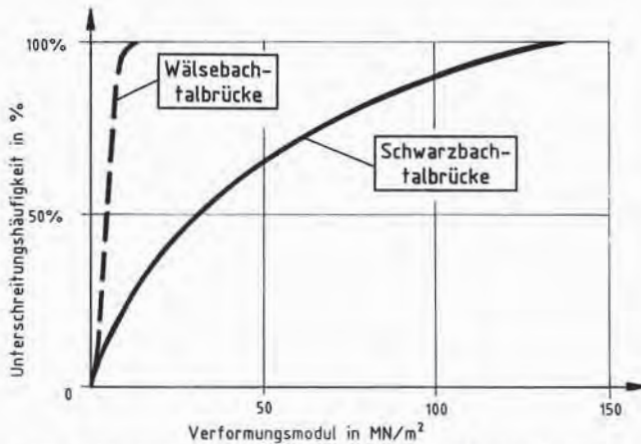


Bild 9: Gebirgsverformungsmodul der Verstürzmassen im Wälsebach-tal bzw. Schwarzbachtal

sten, dünnbankig geschichteten Kalk- und Mergelsteinen aufgebaut ist (Bild 10). Die Schichtfugen sind oft mit zentimeterdicken schmierigen Schluffen und Tonen von vergleichsweise geringer Scherfestigkeit gefüllt, die Klüfte aufgrund der besonderen geologischen Situation teilweise zu dezimeterweiten Spalten aufgeweitet (Bild 11).

#### 4.4 Röt-Folge

Die Röt-Folge (so Rö)<sup>1)</sup> setzt sich nahezu vollständig aus Tonsteinen zusammen, die — insbesondere in Oberflächen- und Störungsnähe — zu steifem bis halbfestem Ton entfestigt sind. Die Tonsteine ähneln in vielen Fällen aufgrund der intensiven Entfestigung eher einem Locker- als einem Festgestein. In vier Lastplattenversuchen wurde der Verformungsmodul in der Erstbela-

Bild 10: Gründungssohle im Muschelkalk



Bild 11: Ausgeräumte Großkluft im Muschelkalk





#### 4.3.4 Die Herstellung der Betonfahrbahnplatte

Die Fahrbahnplatte wurde nach Beendigung des Einschlebens mit Hilfe zweier verfahrbarer Schalwagen hergestellt (Bild 18). Von den insgesamt 26 Betonierabschnitten wurden jeweils in-

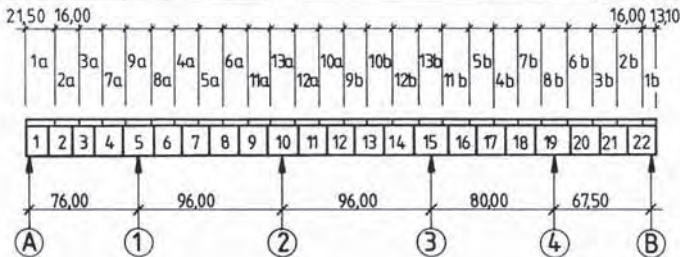
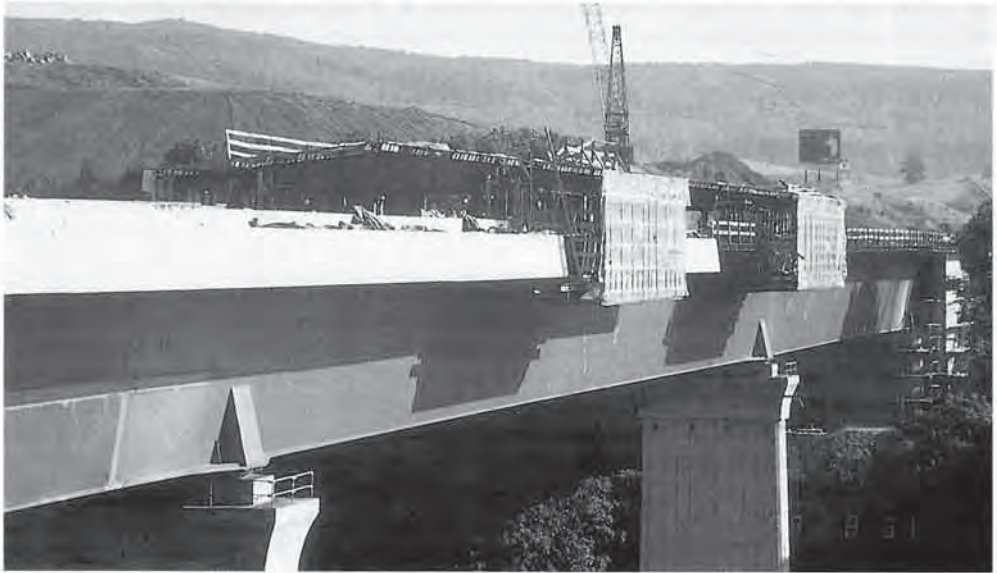


Bild 18: Der Schalwagen und die Betonierreihenfolge

führen. Hier zeigte sich aber ein gewisser Lernprozeß. Mit wachsender Zahl der betonierten gleichartigen Bauteile nahm die Fehlerrate ab. Dies entspricht übrigens der Zielsetzung der Rahmenplanung. Durch Verwendung gleichartiger Bauteile bei verschiedenen Bauwerken sollen auftretende Mängel bei Planung und Ausführung rechtzeitig erkannt und bei der Weiterbearbeitung vermieden werden. So ist z. B. das Problem der Einhaltung der erforderlichen Betonüberdeckung durch Ausstattung der Bauüberwachung mit Überdeckungsmeßgeräten als gelöst zu betrachten.

Offensichtlich hatten aber trotz Einhaltung der Vorgaben der Rahmenplanung auch unterschiedliche örtliche Bedingungen (z. B. Bauteilabmessungen, Anzahl und Anordnung von Spanngliedern, Erfahrung des Firmen- und Bauüberwachungspersonals) einen Einfluß auf das Ergebnis. Dabei sind in den seltensten Fällen einzelne allgemein gültige Ursachen auszumachen. In der Regel waren vielmehr verschiedene Ursachen für das Auftreten von Mängeln verantwortlich. Bemerkenswert ist, daß die Schwerpunkte der einzelnen Mängelfeststellungen bei den Tragwerken und Randkappen liegen (Bild 14). Es ist zu erwarten, daß derartige

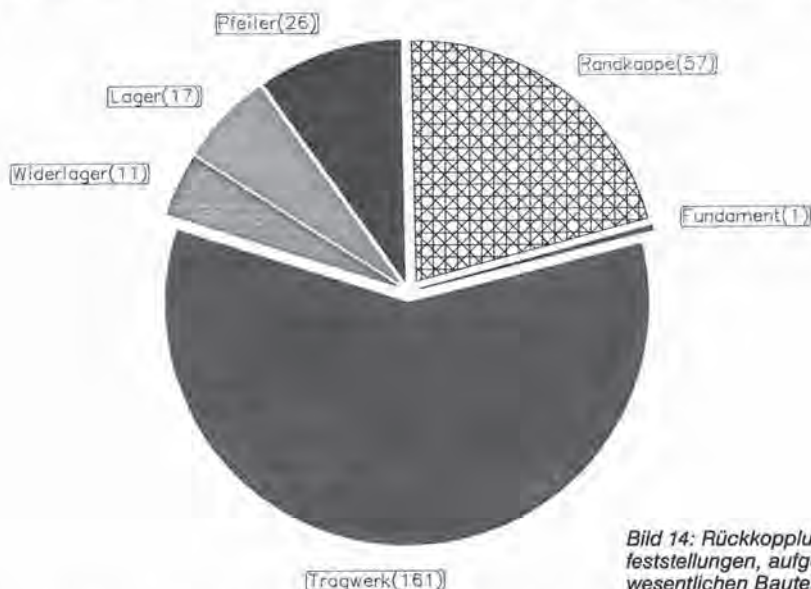


Bild 14: Rückkopplungsfeststellungen, aufgeteilt nach wesentlichen Bauteilen

Schwachstellen und Mängel durch eine weitere Ausarbeitung der Rahmenplanung, durch Ausschluß bestimmter Konstruktionen und ggf. durch Musterberechnungen für Teilbereiche der Konstruktion künftig verringert werden können. Erkauft wird dies allerdings mit einer Einengung des Spielraumes bei der Ausführung. Durch die systematische Auswertung von Mängeln und Schwachstellen werden die Konstruktionen und Einbauverfahren weiter optimiert (z. B. bei Lagern, Längskraftkopplungen, Tragwerksübergängen und Schallschutzwänden). Abweichungen von den Vorgaben der Rahmenplanung sollten gerade hier auf begründete Ausnahmen beschränkt bleiben.

## 7.2 Prüfung der Vorgaben der Rahmenplanung in der Praxis

Eine Reihe von Vorgaben in der Rahmenplanung beruhen auf theoretischen Überlegungen. Ihre Bewährung und ihre Handhabbarkeit in der Praxis war durch entsprechende Tests an ausgeführten Bauwerken unter Beweis zu stellen. So wurde erstmals an der Hangbrücke Dittenbrunn der Nachweis erbracht, daß das für die Auswechslung in der Rahmenplanung vorgegebene Anheben der zweigleisigen Überbauten um etwa 3 mm bis 5 mm technisch möglich ist und