



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DRESDEN

FAKULTÄT BAUINGENIEURWESEN Institut für Massivbau www.massivbau.tu-dresden.de



28. DRESDNER BRÜCKENBAUSYMPOSIUM

PLANUNG, BAUAUSFÜHRUNG, INSTANDSETZUNG
UND ERTÜCHTIGUNG VON BRÜCKEN

12./13. MÄRZ 2018

© 2018 Technische Universität Dresden

Alle Rechte vorbehalten.

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit schriftlicher Genehmigung des Herausgebers.

Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen, Handelsnamen oder sonstigen Kennzeichnungen in diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, dass diese von jedermann frei benutzt werden dürfen.

Vielmehr kann es sich auch dann um eingetragene Warenzeichen oder sonstige gesetzlich geschützte Kennzeichen handeln, wenn sie als solche nicht eigens markiert sind.

Herausgeber: Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach
Technische Universität Dresden
Institut für Massivbau
01062 Dresden

Redaktion: Silke Scheerer, Angela Heller

Layout: Ulrich van Stipriaan

Anzeigen: Harald Michler

Titelbild: Plougastel Bridge, entnommen aus: Fernández Ordóñez, J. A.: Eugène Freyssinet.
Barcelona: 2C Ediciones, 1978.

Druck: addprint AG, Am Spitzberg 8a, 01728 Bannewitz / Possendorf

ISSN 1613-1169
ISBN 978-3-86780-544-5



**TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DRESDEN**

Institut für Massivbau <http://massivbau.tu-dresden.de>

Tagungsband

28. Dresdner Brückenbausymposium

Institut für Massivbau

Freunde des Bauingenieurwesens e.V.

TUDIAS GmbH

12. und 13. März 2018

Inhalt

Herzlich willkommen zum 28. Dresdner Brückenbausymposium	9
<i>Prof. Dr.-Ing. habil. DEng/Auckland Hans Müller-Steinhagen</i>	
Vorwort zum 28. Dresdner Brückenbausymposium	13
<i>Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach</i>	
Bauwerksentwürfe nach RE-ING – Was ist neu?	17
<i>TRDir Prof. Dr.-Ing. Gero Marzahn, TORR'in Yvonne-Christine Gunreben</i>	
Development of cable-stayed bridges in China	
Entwicklung von Schrägkabelbrücken in China	25
<i>Yaojun Ge, Professor and PhD</i>	
Vom Rechnen und Wissen – Monitoring an den Talbrücken	
der Neubaustrecke Erfurt–Leipzig/Halle	41
<i>Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx, Dipl.-Ing. Marc Wenner, Dipl.-Ing. Max Käding, Frederik Wedel M. Sc.</i>	
Nachrechnung und Ertüchtigung der Siegtalbrücke –	
größte Spannbetonbrücke der Sauerlandlinie (A45)	59
<i>Dr.-Ing. Karlheinz Haveresch</i>	
Der Rückbau der Lahntalbrücke Limburg (1964)	73
<i>Dr.-Ing. Stefan Franz, Dipl.-Ing. Frank Ansorge</i>	
Einsatz unbemannter Flugsysteme im Brückenbau	87
<i>Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. Jens Otto, Dipl.-Ing. Cornell Weller</i>	
Eugène Freyssinet: “I was born a builder”	101
<i>Dr.-Ing. David Fernández-Ordóñez</i>	
Realisierung der Kienlesbergbrücke in Ulm – gestalterische	
und bauliche Herausforderungen im komplexen Baukontext.....	129
<i>Prof. Dr.-Ing. Jan Akkermann, Dipl.-Ing. Bartłomiej Halaczek</i>	
Die Taminabrücke in der Schweiz, der Heimat großer Brückenbauingenieure	141
<i>Dipl.-Ing. Volkhard Angelmaier</i>	
100 Jahre Dauerhaftigkeit für Brücken- und Tunnelbauwerke	157
<i>Dr.-Ing. Angelika Schießl-Pecka, Prof. Dr.-Ing. Uwe Willberg,</i>	
<i>Dipl.-Ing. Georg Müller, Prof. Dr.-Ing. Christoph Gehlen</i>	
Lebenszyklus- und Qualitätsspezifikationen für Ingenieurbauwerke	169
<i>Assoc. Prof. Dipl.-Ing. Dr. nat. techn. Alfred Strauss, Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Gerhard Lener,</i>	
<i>Dipl.-Ing. Johannes Schmid, Ass. Prof. Jose Matos, Univ. Prof. Joan R. Casas</i>	
Versagenshäufigkeit und Versagenswahrscheinlichkeit von Brücken	189
<i>Dr.-Ing. habil. Dirk Proske</i>	
Brückenvielfalt rund um die Ostsee – Bericht zur Brückenexkursion 2017	203
<i>Dipl.-Ing. Oliver Steinbock, Dipl.-Ing. Sebastian May</i>	
Chronik des Brückenbaus	215
<i>Zusammengestellt von Dipl.-Ing. (FH) Sabine Wellner</i>	
Inserentenverzeichnis	231

Der Rückbau der Lahntalbrücke Limburg (1964)

Dr.-Ing. Stefan Franz, Dipl.-Ing. Frank Ansorge

DEGES, Deutsche Einheit Fernstraßenplanungs- und -bau GmbH

1 Der Neu- und Ausbau der A 3 Köln–Frankfurt zwischen den Anschlussstellen Limburg Süd und Limburg Nord

1.1 Einführung und Notwendigkeit Gesamtmaßnahme

Die Bundesautobahn A 3 verbindet die Wirtschaftsmetropolen Frankfurt am Main und Köln und bedingt schon allein damit die Notwendigkeit einer leistungsfähigen und verkehrssicheren Verkehrsverbindung zwischen diesen Regionen. Die Trasse der A 3 tangiert die Stadt Limburg, in deren Nähe zwischen den Anschlussstellen Limburg Süd und Limburg Nord das Lahntal überquert werden muss. Dabei standen dem öffentlichen Verkehr mit seinem hohen Anteil an Schwerverkehr im Bereich des Brückenbauwerks je Fahrtrichtung bislang drei Fahrstreifen ohne Standspur zur Verfügung.

Das Brückenbauwerk zeigte schon ca. 17 Jahre nach seiner Fertigstellung im Jahr 1964 deutliche Schäden, die die Nutzung trotz diverser Instandsetzungsarbeiten zunehmend beeinträchtigten. Zahlreiche Koppelfugen ohne durchgehende Spannglieder, der fehlende Ansatz einer Temperaturdifferenz, keine Mindestbewehrung (auch nicht für Schub) bei geringer Betondeckung und Brückenklasse 60 für die Bemessung (später auf BK 60/30 hochgestuft) bewirkten erhebliche Defizite – rechnerisch und real. 2003 entschied die Hessische Straßenbauverwaltung anhand einer Wirtschaftlichkeitsuntersuchung, dass über eine letzte Ertüchtigungsmaßnahme hinaus ab 2015 keine weiteren Instandhaltungsmaßnahmen wirtschaftlich vertretbar seien. Bis dahin musste die Planung und Genehmigung für einen Ersatzneubau erwirkt werden.

Da die für 2015 und die Folgejahre prognostizierten Verkehrsmengen eine 4+0-Verkehrsführung und damit einen Ersatzbau an Ort und Stelle nicht erlaubten, ohne ein Verkehrschaos zu verursachen, wurde 2013 mit dem Ausbau der A 3 zwischen den Anschlussstellen Limburg Süd und Limburg Nord in einer neuen, etwas begradigten Trasse östlich der bisherigen begonnen. Neben dem Ausbau der A 3 auf 8 Streifen plus Standstreifen

wurden umfangreiche Lärmschutzmaßnahmen und die Neugestaltung der Anschlussstelle Limburg Süd erforderlich. Das Herzstück dieses Abschnitts ist der Neubau einer Talbrücke über der Lahn. Hierüber wurde bereits berichtet [1].

Das neue Bauwerk wurde 2015 mit seinem ersten Teilbauwerk fertiggestellt, das zunächst in einer 6+0-Verkehrsführung den gesamten Verkehr der A 3 aufzunehmen hatte. Ab 2016 konnte somit das Bestandsbauwerk dem Verkehr entzogen und mit dem Rückbau begonnen werden.

Die bestehende, von 1960–1964 errichtete Lahntalbrücke musste unter Berücksichtigung der

- ❑ statisch-konstruktiven Durchbildung des Bauwerks,
- ❑ der verschiedenen unterführten Verkehrswege (Landesstraße, Bahn, Lahn, Radfernwanderweg, Stadtstraße),
- ❑ der betroffenen Dritten im angrenzenden Stadtgebiet Limburgs,
- ❑ betroffenen touristischen Einrichtungen (Campingplatz) und
- ❑ der Umwelt

zurückgebaut werden.

Die Planung, Bauvorbereitung und Baudurchführung für den Um- und Ausbau dieses in jeder Hinsicht anspruchsvollen Streckenabschnitts der A 3 bei Limburg erforderte von allen Beteiligten ein hohes Maß an Kreativität, Engagement und Abstimmung bei der Umsetzung der Neubau- und Rückbaumaßnahmen. Gleichzeitig war in dem beengten Baufeld eine detailliert geplante Baulogistik erforderlich, um bei der zur Verfügung stehenden Bauzeit allen Belangen des Neu- und Rückbaus für die Strecken- und Brückenbaumaßnahmen bei gleichzeitiger Aufrechterhaltung des öffentlichen Verkehrs gerecht zu werden.



Bild 1 Errichtung der Lahntalbrücke im Zuge des Reichsautobahnbaus 1938/39
Foto: Bildverlag Foto-Heinz, Limburg

1.2 Die Geschichte der Lahntalbrücke

Einen Überblick über die bewegte Geschichte der Lahntalbrücke seit dem Bau der Autobahn in den 1930er Jahren geben die folgenden Daten:

1937–1939:

Errichtung als Gewölbebogenbrücke (Bild 1)

1949–1962:

Nach Zerstörung 1945 mit Behelfsüberbauten wieder in Betrieb

1960–1964:

Neubau als Spannbetonhohlkastenbrücke (Bild 2)

1981 und 2004/05:

Umfangreiche Instandsetzungsmaßnahmen

Das Bauwerk wurde erstmals Ende der 1930er Jahre als Gewölbebogenbrücke errichtet. Die Bilder vom damaligen Bau vermitteln die aufwendige

ge und elegante Gestaltung des Bauwerks, das schon damals als Landmarke in Sichtweite von Limburg errichtet wurde.

Nachdem das Bauwerk kurz vor Kriegsende teilweise zerstört wurde und nach 1945 mit verschiedenen provisorischen Überbaumaßnahmen in Betrieb blieb, wurde Anfang der 1960er Jahre eine neue Spannbetonhohlkastenbrücke als Durchlaufträgersystem hergestellt. Dieses Bauwerk ist in Bild 2 zu sehen. Aber unter einem guten Stern stand dieses Bauwerk nicht, aufgrund von Baumängeln musste es mehrfach instandgesetzt werden.

In den 1980er Jahren erfolgte auf Grund von Rissen in den Koppelfugen eine Instandsetzung durch Rissverpressung und eine Verstärkung durch das Aufbringen von Stahllaschen im Bereich der Momentennullpunkte. 2004/05 wurde das Bauwerk mit Notinstandsetzungen durch den Einbau von zusätzlichen Spanngliedern mit Verstärkungsbalken und die Erneuerung der Fahrbahn ertüchtigt.

1.3 Die Lahntalbrücke von 1964

Durch das Bauwerk werden im Lahntal eine elektrifizierte, zweigleisige DB-Strecke, die Landesstraße L 3020, verschiedene untergeordnete Ortsverbindungsstraßen und Wirtschaftswege, ein Radfernwanderweg und die Bundeswasserstraße Lahn unterführt. Das Bauwerk besitzt eine Länge von 397 m. Die Brücke wurde mit zwei parallelen Spannbetonhohlkastentragwerken über-



Bild 2 Ersatzbau 1964 als Spannbetonbrücke im Freivorbau errichtet

Foto: Stadtarchiv Limburg

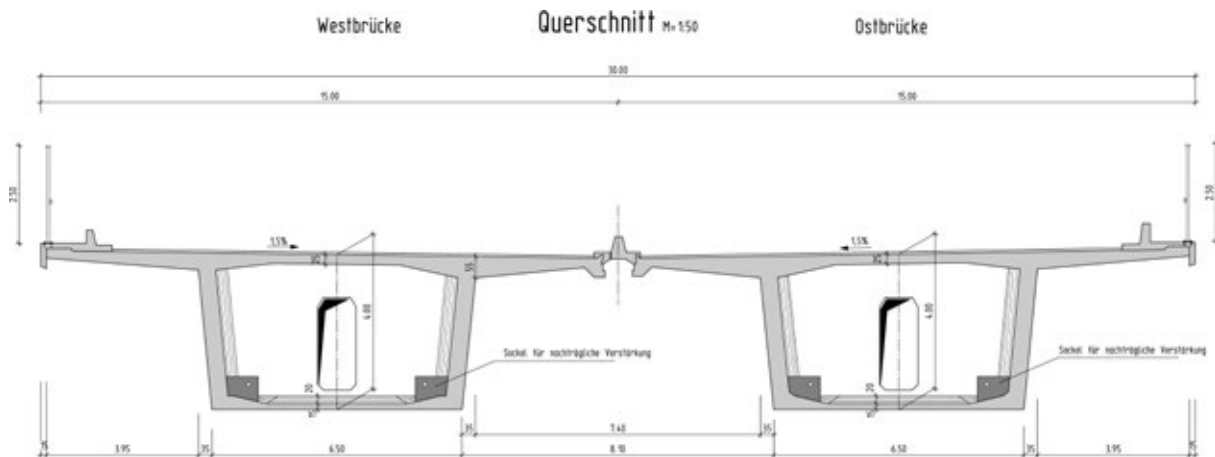


Bild 3 Querschnitt der Lahntalbrücke – in den unteren Hohlkastenecken sind die 2005 eingebauten Verstärkungsbalken mit Längsspanngliedern im nachträglichen Verbund zu sehen

Zeichnung: Hessen Mobil, LAP Stuttgart

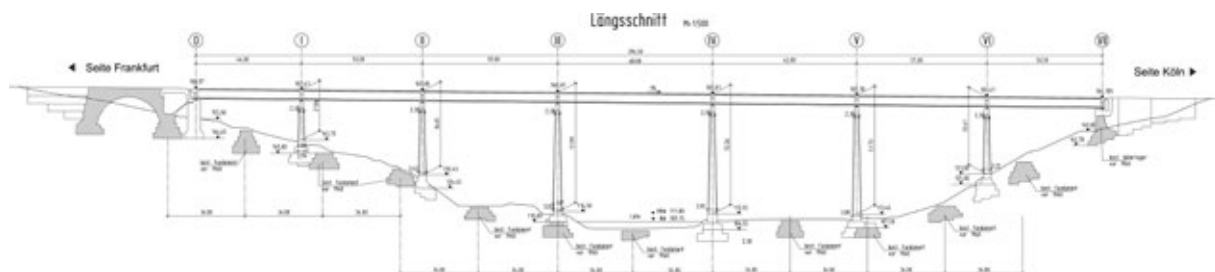


Bild 4 Längsschnitt der Lahntalbrücke – Gründungsreste der Lahntalbrücke 1939

Zeichnung: Hessen Mobil, LAP Stuttgart

wiegend im Freivorbau über 7 Felder hergestellt. Die Überbauten der Spannbetonbrücke bestehen aus zwei einzelligen Hohlkästen, die in Längs- und Querrichtung vorgespannt sind und eine konstante Bauhöhe von 4,00 m aufweisen. Auch die Stege des Hohlkastens sind mit Schubnadeln vertikal vorgespannt (Bild 3).

Die Herstellung erfolgte seinerzeit bei beiden Überbauten mit zwei Bauverfahren in teilweise unterschiedlichen Herstellungsrichtungen. Die Randfelder wurden konventionell mit Traggerüsten hergestellt, während die weiteren Brückenfelder im Freivorbau mit Hilfspylon errichtet wurden. Die Pfeiler und Widerlager bestehen aus Stahlbeton und sind flach zum Teil auf den Fundamenten der alten Gewölbebrücke gegründet (Bild 4).

2 Die Planung des Rückbaus

2.1 Entwurf und Ausschreibung

Für den Rückbau wurde zur Berücksichtigung im Planfeststellungsverfahren für die Gesamtmaßnahme im Auftrag der Hessischen Straßenbauverwaltung ein Entwurf in Anlehnung an die RAB-ING erstellt. Entwurfsverfasser ist das Inge-

nieurbüro Konstruktionsgruppe Bauen aus Kempten. Die Ausschreibung dieses Rückbaukonzeptes erfolgte im Auftrag der DEGES und wurde durch das Büro Leonhardt, Andrä und Partner, Stuttgart, erstellt [2]. Demnach war folgende Vorgehensweise vorgesehen:

2.1.1 Rückbau der Überbauten

Zunächst sind die Überbauten durch Entfernen der Beläge, Geländer und Kappen nach Erfordernis zu leichtern. Die Überbauten sollten dann beginnend im Mittelfeld durch Sägeschnitte vor den Auflagern getrennt und feldweise abgesenkt werden. Die Aufhängepunkte der Absenkvorrichtungen mussten dabei so weit vom Trennschnitt entfernt angeordnet werden, dass die Kragmomente groß genug sind, um die Feldmomente an den herausgetrennten Einfeldträgern ausreichend gering zu halten.

Das Absenken erfolgt auf Pontons im Bereich der Lahn, auf Traggerüste über der Bahn und der Landesstraße und auf Erdauffüllungen. Da das Gegengewicht der inneren Absenkträger erforderlich ist, um auch die Nachbarfelder zu entlasten, ist ein Entspannen und Lösen der Absenklitzen erst

Brückenparameter

Stützweiten:	46,00 m – 53,00 m – 59,00 m – 68,00 m – 63,00 m – 57,00 m – 50,50 m = 396,50 m
Querschnitt:	zwei einzellige begehbare Spannbetonhohlkästen, H = 4,00 m (konstant)
Breite zwischen Geländern:	29,70 m (Gesamtbreite 2 × 15,00 m)
Brückenfläche:	11.776 m ²
Gründung:	Flachgründung (teilweise auf den 1937–1939 errichteten Fundamenten)
Höhe über Talgrund:	maximal 57,00 m
Pfeilerhöhe:	maximal 49,00 m
Pfeilerquerschnitt:	rechteckiger Hohlquerschnitt (am Pfeilerkopf 6,77 m × 3,86 m bei Wandstärke 30 cm)

Relevante Abbruchmassen der bestehenden Lahntalbrücke

ca. 9.850 m ³	Überbaubeton
ca. 1.250 m ³	Kappenbeton
ca. 7.900 m ³	Widerlagerbeton (2 Stück)
ca. 1.350 m ³	Brückenbogen Seite Frankfurt
ca. 3.440 m ³	Pfeilerbeton Achsen I bis VI
ca. 5,5 t	Abbruch/Separieren asbesthaltiger Bauteile

möglich, wenn auch diese bereits abgesenkt sind. Somit ist ein Ausschwimmen des Mittelfeldes (4), s. Bild 5, erst möglich, wenn auch die Felder (3) und (5) abgesenkt sind. Der Abbruch der Felder (3) bzw. (5) ist erst möglich, sobald die Felder (2) bzw. (6) abgesenkt sind usw. Eine besondere Rahmenbedingung für diese Bauabfolge stellten die bereits in der Planfeststellung festgelegten Zeiträume dar, in denen ein Ausschwimmen des Mittelfeldes untersagt und wegen Hochwassergefahr keine Abbrucharbeiten im Uferbereich zulässig waren.

Bei der Nachweisführung waren darüber hinaus insbesondere:

- ❑ die Lastexzentrizität an den Pfeilerköpfen aus den verschiedenen Bauzuständen, Teilsicherheitsbeiwerte für günstig und ungünstig wirkende Lasten, Zwängungen aus dem Festsetzen der Lager sowie der vorgesehenen Ballastierung zum Absenken für die Nachweise der Pfeiler und Gründungen zu berücksichtigen,
- ❑ die Querschnittsnachweise für alle Felder in Feldmitte und für die Stellen der Aufhängungen in Abhängigkeit von der jeweiligen Spannngliedführung und Spannngliedanzahl zu erbringen,

- ❑ die statisch erforderliche Anzahl an Spannngliedern mit neuen Verankerungen in der Art zu versehen, dass für diese die Koppelstelle freigelegt wird, dort Muffen angeschraubt und auf dem dem Feld zugewandten Stabende Ankerplatten mit Muttern befestigt werden, um eine ausreichende Anzahl an Spannngliedverankerungen zu erstellen, die praktisch der damaligen Zulassung entsprechen.

Die wesentlichen Rückbauphasen sind in Bild 5 prinzipiell dargestellt.

Dieses Konzept

- ❑ stellt an die Ausführung hohe technische und logistische Anforderungen,
- ❑ beeinflusst die hochfrequentierte Bahnstrecke u. a. für die Herstellung und den Rückbau der Trag- und Schutzgerüste und die zwei Absenkvorgänge im Bahnbereich (bei insgesamt nur fünf zugelassenen DB-Sperrpausen),
- ❑ verlangt das Absenken und Ausschwimmen der Überbauten im Lahnbereich in der hochwasserfreien Zeit (Mai bis Oktober 2016) innerhalb von maximal 10 Tagen je Überbau ohne weitere Einschränkungen des Schiffs-

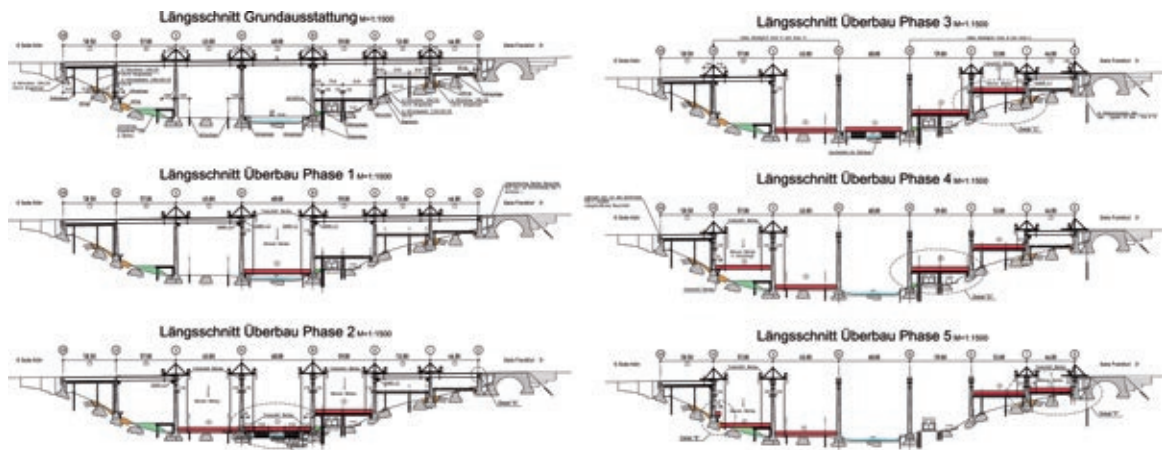


Bild 5 Rückbaukonzept gemäß Entwurfsplanung

Zeichnung: Hessen Mobil, LAP Stuttgart

verkehrs auf dieser Bundeswasserstraße und

- erfordert innerhalb des beengten Baufelds auf beiden Talseiten die Aufbereitung des gesamten Abbruchgutes zum Abtransport über das zur Verfügung stehende Wegenetz.

2.1.2 Rückbau der Unterbauten

Der Rückbau sämtlicher Pfeiler war mittels Sprengabbruch vorgesehen. Für die Sprengung der Pfeiler war eine Fallrichtungssprengung

- der Pfeiler in den Achsen I, II, IV, V und VI in Brückenlängsrichtung (innerhalb des Baufelds) und
- der Pfeiler in Achse III in Brückenquerrichtung (zwischen die Gleisanlagen der DB und der Lahn)

vorgesehen. Die Widerlager sollten mittels konventionellen Abbruchgeräten zurückgebaut werden.

2.2 Vergabeverfahren

Zum Zeitpunkt der geplanten Ausschreibung lagen besondere Bedingungen hinsichtlich der höchstrichterlichen Rechtsprechung zur Vergabepraxis europaweiter Bekanntmachungen im Zusammenhang mit der Zulassung von Nebenangeboten vor. Demnach war die Wertbarkeit von Nebenangeboten an die vollständige Transparenz von messbaren Wertungskriterien geknüpft. Eine „Gleichwertigkeit“ war quasi per Definition ausgeschlossen. Vor dem Hintergrund der schwer zu erfüllenden Voraussetzungen lag die Empfehlung des BMVI vor, bis auf weiteres auf die Zulassung von Nebenangeboten zu verzichten, um die Anpreisbarkeit von Vergaben zu vermeiden.

Aufgrund der Komplexität der Randbedingungen, der feingliedrigen und sensiblen Bauablaufschritte und letztlich der logistischen Abhängigkeiten galt es jedoch auch abzuwägen, inwieweit die notwendigerweise detaillierten Vorgaben des Bauherrn die Kreativität und die individuellen Möglichkeiten der Baufirmen in einem wirtschaftlich noch vertretbaren Rahmen einschränken würden. Jegliche Störung in dem vom Auftraggeber vorgegebenen Ablauf würde sich mit großer Wahrscheinlichkeit als berechtigte Forderung des Auftragnehmers auswirken.

Daher entschloss sich DEGES, in Verbindung mit der Abgabe eines vollständigen Hauptangebotes auch Nebenangebote zuzulassen, und gab messbare Kriterien an, wie diese Nebenangebote gewertet werden. Dabei wurde der Angebotspreis nur mit 70 % gewichtet, 25 % entfielen auf den technischen Wert und weitere 5 % auf eine angebotene Bauzeitverkürzung. Die Wertung des technischen Werts erfolgte in drei Kategorien, die jeweils Zielgrößen für eine Verbesserung darstellten:

- (30 %) Minimierung der Beeinträchtigung der Bahnanlage durch das Abbruchgeschehen, gewertet wurde die Anzahl der erforderlichen Sperrpausen:
 - 10 Punkte: 0–2 Sperrpausen
 - 7,5 Punkte: 3–4 Sperrpausen
 - 5 Punkte: 5 Sperrpausen (wie Amtsentwurf)
- (30 %) Minimierung der Sperrzeiten der Wasserstraße Lahn:
 - 10 Punkte: keine Sperrung erforderlich
 - 7,5 Punkte: 1–5 Tage je Richtungsfahrbahn
 - 5 Punkte: 6–10 Tage je Richtungsfahrbahn
- (40 %) Minderung der Staub- und Lärmbelastung für die Anwohner und den Campingplatz

im Talgrund durch Festlegung des Ortes der Überbauertrümmerung:

- 10 Punkte: Abbruch hinter den bestehenden Widerlagern und Abtransport des Abbruchgutes über die A 3
- 7,5 Punkte: Abbruch in der vorhandenen Lage und Abtransport über die A 3
- 5,0 Punkte: Abbruch auf Baubehelfen im Talgrund und Abtransport über die Lahn oder Baustraßen und Basisnetz

Damit wurden gezielt solche Abbruchkonzepte bevorzugt, die ein geringeres Konfliktpotential mit betroffenen Dritten erwarten ließen. Auf dem Niveau der geschätzten Kosten entsprach der mögliche Wertungsvorteil einem Geldwert von ca. 1,5 Mio. €.

2.3 Beauftragtes Nebenangebot

Beauftragt wurde ein Nebenangebot der Firma Adam Hörnig, das im Wesentlichen folgendes Abbruchkonzept vorsah:

- ☐ Abbruch der Überbauten (außer der Randfelder) im Schutz einer Vorschubrüstung mit darauf montierter Schutzwanne und somit Verzicht auf das Absenken der Überbauten mittels Absenkvorrichtung mit Litzenhebern,
- ☐ Überbau wird mit dem Vorschubgerüst feldweise unterstützt und von oben konventionell mit Baggern, die auf dem bestehenden Überbau stehen können, sukzessive mit entsprechendem Gerät (Hydraulikhammer, Schere und dgl.) zurückgebaut,
- ☐ Transport des Abbruchgutes über den verbliebenen Überbaurest bis hinter das südliche Widerlager zum weiteren Brechen und Aufbereiten zu Recycling-Material und Abtransport über die A 3 zur Weiterverwertung,
- ☐ Rückbau der Pfeiler Achse III konventionell durch sukzessives „Absägen“ und Abheben,
- ☐ Rückbau der restlichen Pfeiler im Sprengverfahren.

Gegenüber dem Ausschreibungsentwurf entfallen somit die technologisch aufwendigen und zeitkritischen Absenkvorgänge einschließlich des Ablegens der großen und schweren Überbauabschnitte auf den aufwendi-

gen Traggerüsten. Die Ausführungsplanung wurde durch das Ingenieurbüro Marx Krontal [3] erstellt.

Der Überbau wird für den Abbruch mit einem Vorschubgerüst, das auf notwendigen Hilfsstützen lagert, feldweise unterstützt und von oben mit konventioneller Abbruchtechnik, die jeweils auf dem noch bestehenden Überbau steht, konventionell abgebrochen. Dabei fährt ein unter dem Überbau laufendes Vorschubgerüst mit einer im Querschnitt wannenförmigen Schalung über bodengestützte Pfeilereinrüstungen unter das abzubrechende Brückenfeld. Das Vorschubgerüst wird mittels Hubpressen an den Auflagerpunkten vor dem jeweiligen Pfeiler über definierte Distanzstücke von unten gegen den Überbau gepresst.

Die Abbrucharbeiten mit einer Vorschubrüstung haben für die eigentliche Bauausführung Vorteile, sie bedingen aber auch veränderte und aufwendige Leistungen bei der statischen Nachweisführung der einzelnen Bauzustände.

3 Die Bauausführung des Rückbaus

3.1 Überbau Ost – Richtungsfahrbahn Köln

Der Überbau der Richtungsfahrbahn Köln wurde zuerst zurückgebaut. Die Montage des Vorschubgerüsts erfolgte in den Feldern 1 und 2 auf Hilfspfeilern vor dem Widerlager Frankfurt mittels Autokranen vom Überbau aus in vormontierten Einzelschüssen (Bild 6). Zum weiteren Zusammenbau wurden die Schüsse in Quer- und Längsrichtung unter dem Überbau verschoben.

In Bild 7 sind der Querschnitt des Überbaus und das Traggerüst am Pfeiler zu sehen, auf dem die Vorschubrüstung gelagert ist. Auf der Vorschubrüstung ist die Schutzwanne montiert, in deren Schutz die konventionellen Abbrucharbeiten vorgenommen wurden.

Die fertig montierte Rüstung (Bild 8) wurde entsprechend der Vorgaben aus der statischen Be-



Bild 6 Einheben der Vorschubrüstung in vormontierten Einzelschüssen
Foto: Thyssen Krupp, Wuppertal

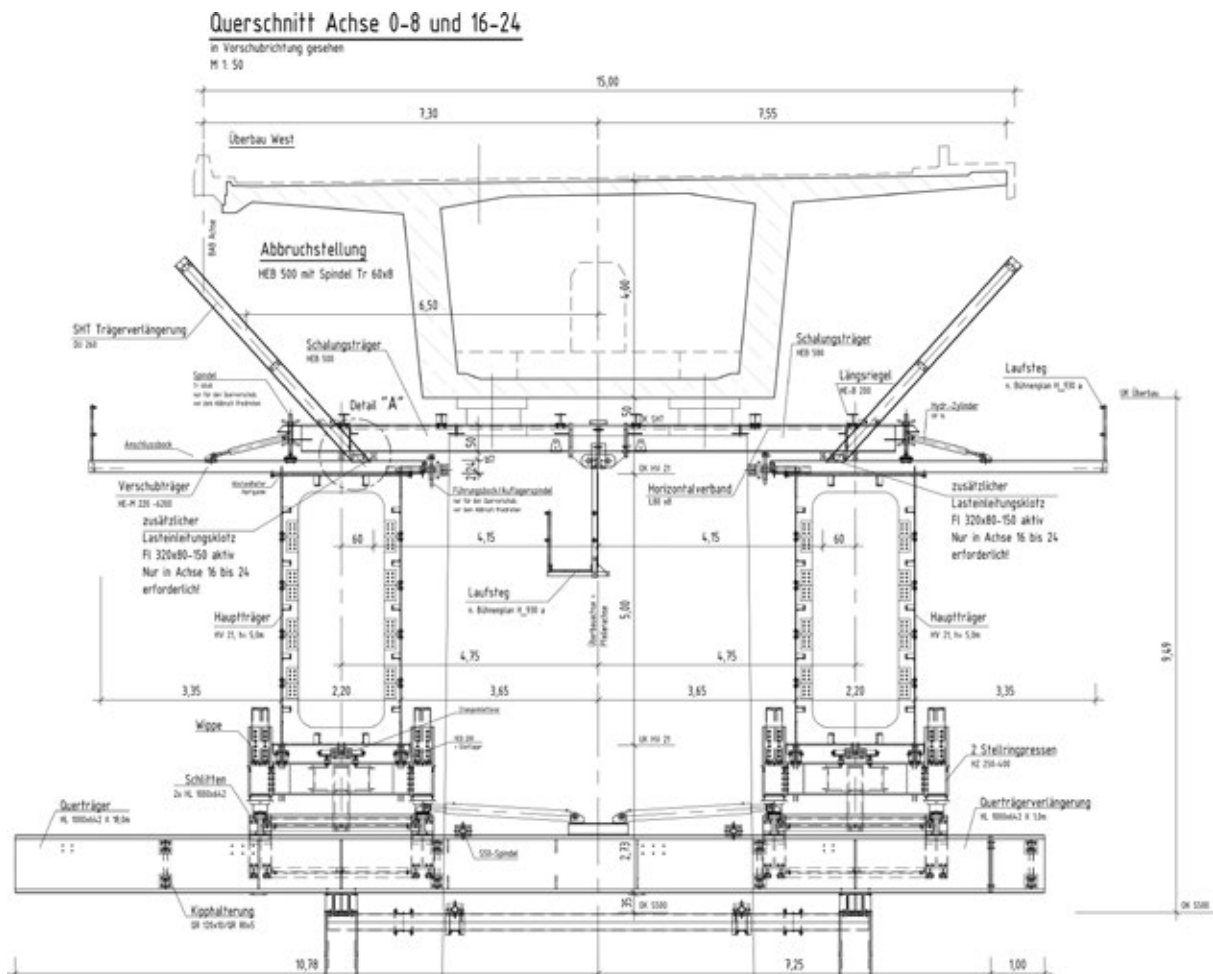


Bild 7 Brückenquerschnitt mit Abbruchwanne und Traggerüst

Zeichnung: Thyssen Krupp, Wuppertal, Saul Ingenieure Braunschweig, Hörnig

rechnung gegen den Überbaubau gepresst. Jetzt konnte der erste Trennschnitt im Feld 2 durchgeführt werden (Bild 9).

Nach dem Rückbau des Endfeldes vor dem Widerlager Köln wurde das Vorschubgerüst querverschoben, damit der Rückbau der Richtungsfahrbahn Frankfurt erfolgen konnte. Der wesentliche Ablauf der Rückbauarbeiten des Überbaus Ost ist in Bild 10 skizzenförmig dargestellt. Durch den abschnittsweisen Abbruch ändern sich immer wieder die statischen Systeme der jeweils verbleibenden Teilabschnitte des Überbaus, deren Standsicherheit jederzeit gewährleistet bleiben muss.

Mit dem Abbruchgut (Bild 11) wurden Lkw beladen, die auf dem Überbau West bereitstanden, um die Beton- und Bewehrungsmengen zur weiteren Separierung in den Trassenbereich südlich des Widerlagers zu bringen. Nach dem Rückbau des jeweiligen Brückenfeldes abzüglich

der verbleibenden Kragarmbereiche fuhr das Vorschubgerüst in das nächste Feld vor. Dazu musste die Stahlwanne, die das Abbruchgut auffängt, gereinigt und vorübergehend seitlich querverschoben/geöffnet werden, um die Pfeiler passieren zu können. Während einer Vorschubstellung der Rüstung wurden dann pro Tag ca. 5 m Überbau- brückenlänge abgebrochen.



Bild 8 Fertigstellung der Vorschubrüstung mit Schutzwanne für den Abbruch des ersten Feldabschnitts von Überbaufeld 2 zu Überbaufeld 3

Foto: DEGES



Bild 9 Arbeiten am ersten Trennschnitt im Feld 2 der Richtungsfahrbahn Köln Foto: DEGES



Bild 11 Rückbau des Überbaus im Schutze der Stahlwanne, die auf der Vorschubrüstung montiert ist Foto: DEGES

3.2 Überbau West – Richtungsfahrbahn Frankfurt

Der Rückbau des Überbaus West erfolgte technologisch ebenso wie auf der Ostseite, allerdings jetzt in südlicher Richtung. Das Abbruchgut wurde über den noch verbliebenen Überbauteil weiterhin in südlicher Richtung abtransportiert.

3.3 Statische Besonderheiten

Die genaue Kenntnis des Bestandsbauwerks, seiner Herstellung und seiner weiteren Entwick-

lung ist essentiell für die Beurteilung möglicher Rückbaukonzepte. Das Bestandsbauwerk ist Ergebnis eines seinerzeit beauftragten Sondervorschlages. Aufgrund der in den 1960er Jahren für die Wirtschaftlichkeit eines Angebotes maßgebenden Materialkosten wurde in Ermangelung von Forderungen des Regelwerkes nach Mindestbewehrung gespart, wo immer es der statische Nachweis erlaubte. Die innovative Herstellung im Freivorbau mittels Hilfspylon erlaubte die „Optimierung“ sowohl der Feld- als auch der Stützbewehrung, die nahezu vollständig mit Spannstahl realisiert wurde. Im Ergebnis liegt ein Durchlaufträger vor, der auch ohne

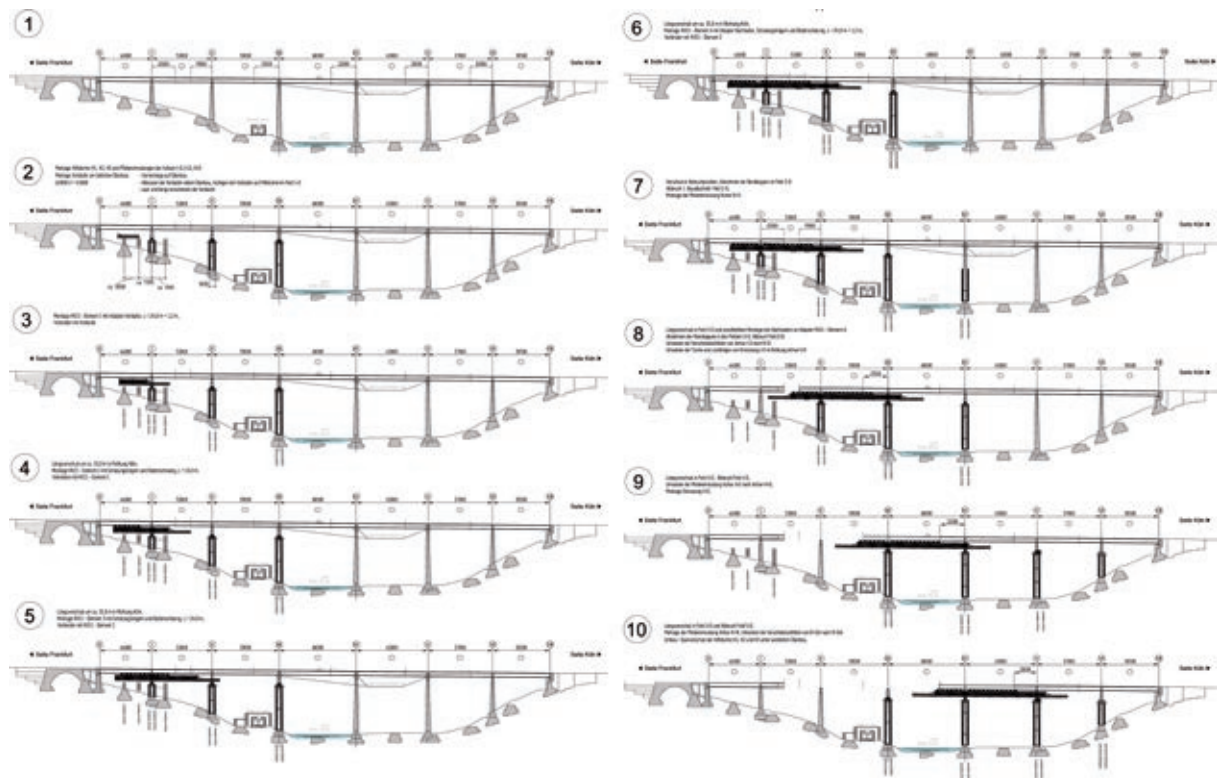


Bild 10 Rückbau Lahntalbrücke Überbau Ost von Süd (Frankfurt) nach Nord (Köln)

Zeichnung: Thyssen Krupp, Wuppertal, Hörnig



Bild 12 Ausgebaute Spannglieder mit Verankerungskörpern, Spaltzugring und Koppelmuffen Foto: Marx Krontal GmbH

Die angestrebte Logistik (Abbruchgut im Trassenbereich südlich des Bauwerks separieren und aufbereiten) motivierte den zuvor beschriebenen Bauablauf. Dabei war jedoch zu beachten, dass der Rückbau nur teilweise entgegen der ursprünglichen Herstellrichtung der Überbauten erfolgen sollte (Bild 13).

Bei der Nachweisführung wurden daher Grenzwertbetrachtungen notwendig, dass sich die getrennten Spannglieder auch über Verbund vollständig verankern bzw. dass dies gerade nicht der Fall ist. Dabei muss die vollständige Verankerung keineswegs günstig sein. Dies trifft z. B. auf die nachträglich ergänzten Spannglieder im Hohlkasten im Be-

Nutzlasten nur minimale Tragreserven besitzt. Beispielsweise konnte ein Heraustrennen der Überbauten gemäß Amtsentwurf nur nachgewiesen werden, wenn die Aufhängepunkte weit genug in den Feldern liegen, so dass die Kragmomente der überstehenden Enden die Feldmomente auf die bisherige Größe am Durchlaufträger reduzieren.

Auch bei der Ausführung gemäß Nebenangebot wurde die Lage der Trennschnitte für den feldweisen Rückbau so gewählt, dass die verbleibenden Kragarme einerseits lang genug sind, um die angrenzenden Feldmomente ausreichend klein zu halten, andererseits aber nur so lang, dass sie selbst nicht versagen. Gleichzeitig musste das Anpressen der Vorschubrüstung darauf begrenzt werden, dass die benachbarten Feldmomente nicht zu groß werden.

Bei den verwendeten DYWIDAG-Einzelstab-Spanngliedern handelt es sich um einen glatten Spannstahl der Güte St 85/105. Wegen der geringen Güte besteht keine Gefahr von Spannungsrisskorrosion, dafür ist bzw. war mit einem relativ großen Spannkraftverlust infolge Kriechens zu rechnen. An jeder Arbeitsfuge (ca. alle 4,5 m) wurden alle nicht endverankerten Spannglieder durch eine Muffe gekoppelt und für den nächsten Betonierabschnitt verlängert. Die Verankerungskörper sind jeweils mit einem Stahlring (Glocke) kombiniert, der als Spaltzugbewehrung wirksam ist und die erforderlichen Betonpresungen erlaubt (Bild 12). Damit ist die Verankerung planmäßig nur in einer Richtung, nämlich entgegen der Herstellrichtung, wirksam.

reich der zwischenzeitlich verbleibenden Kragarme zu. Sie vergrößern betragsmäßig das negative Moment und erfordern daher ausreichend funktionsfähige, oben liegende Spannbewehrung.

Neben den Nachweisen im Grenzzustand der Tragfähigkeit für den Überbau sind selbstverständlich auch die entsprechenden Nachweise für das Traggerüst erforderlich. Im Vergleich zum Einsatz einer solchen Vorschubrüstung bei einem Neubau ist bemerkenswert, dass beim Rückbau die Stützweite deutlich größer ist (von Pfeiler zu Pfeiler plus Kragarm, also ca. L plus $0,2 \cdot L$, beim Neubau nur ca. $0,8 \cdot L$ plus $0,2 \cdot L$).

Durch das Anpressen der Vorschubrüstung an den Überbau über definierte Distanzstücke wird die Vorschubrüstung gezielt vorgespannt. Dabei wird das Ziel verfolgt, dass nur geringe Verformungsdifferenzen auftreten, wenn die Trennschnitte zum verbleibenden Überbaurest hergestellt werden. Bei dem Gesamtsystem handelt es sich um ein gekoppeltes System aus der Vorschubrüstung und dem sehr biegesteifen Betonüberbau, ähnlich wie es beim Neubau im Moment des Betonierens der Fahrbahnplatte auf dem Kastentrog und der mittragenden Vorschubrüstung vorliegt.



Bild 13 Herstellrichtung der Überbauten versus Rückbaurichtung mit Vorschubrüstung Zeichnung: Marx Krontal GmbH



Bild 14 Verformung der Vorschubrüstung durch Vorspannen gegen den Überbau über Distanzstücke Foto: Marx Krontal GmbH

3.4 Sprengung der Pfeiler

Die Planung, Vorbereitung und Durchführung der Sprengung der drei Pfeilerachsen am nördlichen Lahnufer gliederte sich in die nachfolgend beschriebenen Schritte.

3.4.1 Planung der technischen Maßnahmen (Schwächung) an den Pfeilern

Nach Festlegung der Fallrichtungen und Fallreihenfolgen der Pfeiler wurden die Abmessungen und die Anordnung der Vorschwächungen und der keilförmigen Sprengmäuler (Bild 15) definiert. Mit der Sprengung sollten nur die Eckbereiche der Hohl Pfeiler entfernt werden, so dass das Eigengewicht der aufgehenden Pfeiler über dem Restquerschnitt eine so große Exzentrizität erzeugt, dass die Druckzone des Querschnitts sicher versagt und der Pfeiler kippt.

Gleichzeitig musste der Nachweis erbracht werden, dass der vorgeschwächte Querschnitt noch für angemessene Windlasten (bis 22 m/s am Pfeilerkopf, Standzeit max. eine Woche) ausreichend standsicher ist.



Bild 15 Front- und Stirnseite des Pfeilers mit vorbereitetem Sprengmaul und Bohrungen zum Sprengstoffbesatz

3.4.2 Planung der Sprengtechnik

Um das erfolgreiche Heraussprengen der Pfeiler eckbereiche sicherzustellen, sind Ladungenberechnungen und die Aufstellung eines Zündplans erforderlich [4]. Dazu gehört auch die Festlegung der notwendigen Bohrungen (Anzahl, Bohrraster, Bohrlochtiefe), der Sprengstoffmenge, der Zünder und der Sprengreihenfolge.

Konkret wurden gelatinöser Sprengstoff (Dynamit) eingesetzt und je Pfeiler 146 Bohrungen mit einem Durchmesser von 35 mm und einer Tiefe von 25–45 cm eingebracht. Besetzt wurden die Bohrlöcher jeweils mit ca. 80 g Sprengstoff (Dynamitstange mit einem Durchmesser von 25 mm), was einer Sprengstoffmenge von ca. 11 kg pro Pfeiler entspricht. Zum Einsatz kamen unempfindliche elektrische U-Kurzzeitzünder. Die Zündung der Sprengladungen der sechs Pfeiler erfolgte getrennt mit sechs Einzelzündkreisen und sechs Zündmaschinen, um notfalls jederzeit in den Sprengablauf eingreifen zu können.

3.4.3 Sicherheitstechnische Maßnahmen

In Abhängigkeit von den zu sprengenden Pfeilern, den verwendeten Sprengmitteln und der örtlichen Gegebenheiten wurden durch den Sprengmeister weitere Sicherheitsmaßnahmen festgelegt. Dazu gehörte neben der Ummantelung der Sprengmäuler mit Vlies und dessen Befestigung zur Reduzierung des zu erwartenden Streuflugs von Sprenggut insbesondere die Festlegung des Sperrkreises, einer 300-Meter-Zone um die zu sprengenden Pfeiler (Bild 16).

Ergänzt wurden die Maßnahmen durch Absperrmaßnahmen und Sicherheitspersonal, um das Betreten durch Unbefugte zu erkennen bzw. zu verhindern, und die Planung von Maßnahmen zur



Foto: DEGES

schnellen Staubeindämmung mittels Wasserkanonen und explodierender Wasserbags.

3.4.4 Mögliche Auswirkungen auf die umliegende Bebauung

In der DIN 4150-3 [5] sind Anhaltswerte der Schwinggeschwindigkeiten angegeben, bei deren Einhaltung das Eintreten von Schäden nicht zu erwarten ist. Mit den Parametern aus der Größe der Sprengladung, den geologischen Verhältnissen und dem Aufprallimpuls der Pfeiler wurde eine Erschütterungsprognose erstellt [6], die die zu erwartende Auslastung der jeweiligen Anhaltswerte der einzelnen betroffenen Anlagen benennt. Hierzu gehörten die Verkehrswege im Einflussbereich der Sprengung (u. a. Bahnstrecke, L 3020, untergeordnete Wege), die umliegende Bebauung inkl. Ingenieurbauten (u. a. die neue Lahntalbrücke mit ihren jeweiligen Pfeilerstandorten) und Leitungen (Gas).

Der zweite Bestandteil ist die unabhängige Kontrolle/Messung der Erschütterungen während der Sprengung durch einen Dritten.

Sowohl die Prognose als auch die sich hiermit weitgehend deckende Auswertung der Messung blieben alle unterhalb der Anhaltswerte, die meisten sogar deutlich darunter. Voraussetzung für dieses Ergebnis war, dass im Aufprallbereich der Pfeiler profilierte Fallbetten zur Energiedissipation vorbereitet wurden und die Sprengung in der Reihenfolge Pfeilerpaar IV, VI und V erfolgte (jeweils zeitversetzt Ost- und Westpfeiler).

3.4.5 Abstimmung mit Behörden und sonstigen Beteiligten

Nicht zu unterschätzende Kernaufgaben bei der Vorbereitung einer Sprengung sind die Information über die geplante Vorgehensweise und die Sicherheitsmaßnahmen, die Abstimmung der Zuständigkeiten der Mitwirkenden und letztlich die Logistik und ein minutiöser Zeitplan. Dabei sind Fragen zu beantworten, die Belange und Bedürfnisse aller sogenannter „Stakeholder“ ernst zu nehmen, untereinander zu kommunizieren und offen und konstruktiv gegeneinander abzuwägen, um konsensfähige Kompromisslinien zu finden. Eine kleine Auswahl der Themen der Beteiligten verschafft einen Eindruck:

- ❑ Zwänge der Baufirma entsprechend Notwendigkeit aus dem Bauablauf,
- ❑ Berücksichtigung baurechtlicher Vorgaben, u. a. Baufreiheit im hochwassergefährdeten Zeitraum,
- ❑ Abstimmung mit den zuständigen Genehmigungsbehörden, Regierungspräsidium Gießen, Umweltbehörden,
- ❑ Abstimmung mit der Stadt Limburg/Landkreis Limburg-Weilburg u. a. betreffs touristischer Besonderheiten und weiterer Veranstaltungen,
- ❑ Abstimmung sowohl mit Verkehrsbehörden der BAB 3 und L 3020, der untergeordneten Straßen und Wege sowie der Bundeswasserstraße als auch der Deutschen Bahn,



Bild 16 300-Meter-Sperrzone

Foto: Google maps (mod.), Hörnig (Hoffmann Bohr- und Sprengtechnik, Schladen)

- ❑ Notwendige Einsatzkräfte der Polizei, Feuerwehr, Notarzt, Rettungskräfte,
- ❑ Absicherung des Sperrkreises um die zu sprengenden Pfeiler mit dem erforderlichen Personal,
- ❑ Organisation/Unterbringung der zu evakuierenden Personen (Anwohner, Campingplatznutzer),
- ❑ Öffentlichkeits- und Pressearbeit.

Für den Sprengtermin konnte man sich letztlich auf Sonntag, den 27.08.2017, im Zeitfenster von 08:45–09:15 Uhr einigen. Mit großem Interesse der Öffentlichkeit, den Presse-, Funk- und Fernsehmedien wurden die Vorbereitungsarbeiten und der eigentliche Sprengtermin begleitet.

3.4.6 Durchführung der Sprengung

Der Countdown begann ca. vier Wochen vor der Sprengung mit der Anzeige der Sprengarbeiten bei den zuständigen Behörden, hier insbesondere beim Regierungspräsidium Gießen. In der Woche vor der Sprengung begannen die Bohrarbeiten an den Pfeilersockeln für den späteren Sprengmittelbesatz und die Herstellung der Fallbetten, begleitet von der regelmäßigen Einholung von Wetterprognosen.

Drei Tage vor der Sprengung wurden die Fallkeile und die Querschnittsschwächung der Pfeiler in Angriff genommen. Zwei Tage vor der Sprengung erfolgten die Anlieferung und der Besatz der Sprengmittel, die Herstellung des Zündkreislaufs, die Platzierung staubeindämmender Maßnahmen (Wasserbags, Wasserkanonen) und die finale Abstimmung mit allen Beteiligten. Die

vorgeschwächten bzw. schon mit Sprengmitteln besetzten Pfeiler wurden jetzt rund um die Uhr bewacht.

Am Tag der Sprengung wurde die Evakuierung der betroffenen Anwohner aus dem Sperrkreis durchgeführt, einschließlich einer Erfolgskontrolle mit Wärmebildkameras per Hubschrauber. Nach der Stationierung aller Absperrposten und einer finalen Überprüfung der Sprenganlage wurden der Verkehr auf allen betroffenen Verkehrswegen nach einem minutengenau festgelegten Zeitplan angehalten und die Sprengung freigegeben. Nach dem Scharfschalten der Sprenganlage und dem Ertönen der Warnsignale löste der Sprengmeister einzeln die Sprengung jedes der sechs Pfeiler aus.

Dann entwickelte sich aber noch eine besondere Dramaturgie. Nachdem die Pfeiler der Achse IV und die jeweils ersten Pfeiler der Achsen VI und V sprengtechnisch niedergelegt waren, blieben je ein Pfeiler der Achsen VI und V vorerst noch unversehrt. Grund waren nicht mehr funktionierende Verkabelungen der Pfeiler VI und V, die durch Streugut der vorher gesprengten Pfeiler beschädigt waren und somit mit den für diese Pfeiler „zuständigen“ Zündmaschinen die Sprengladungen der betroffenen Pfeiler nicht mehr gezündet werden konnten. Die betroffenen Verkabelungen konnten aber vom Sprengmeister und seiner Mannschaft zeitnah lokalisiert und repariert werden, so dass auch die Sprengung der zwei letzten, etwas „widerspenstigen“ Pfeiler noch im Rahmen der (etwas verlängerten) Verkehrshalte durchgeführt werden konnte.

Unmittelbar nach dem Ertönen des Entwarn-Signals wurden durch den Sprengmeister das Ergebnis (Bild 17) begutachtet und die Verkehrswege auf etwaige Schäden bzw. Streuflug untersucht.

Die Freimeldung aller Verkehrswege ermöglichte deren zeitnahe Freigabe. Im Anschluss wurden die einer Beweissicherung unterzogenen Bauten auf etwaige Schäden überprüft.

Das Gelingen der Sprengung der Brückenpfeiler der alten Lahntalbrücke ist der partnerschaftlichen Zusammenarbeit und dem großen Einsatz aller Beteiligten in der Vorbereitung und am Sprengtag selbst zu verdanken. DEGES bedankt sich bei allen Beteiligten für ihren Einsatz.

Die Pfeiler am Südufer der Lahn wurden in Achse III gemäß Neben-



Bild 17 Ergebnis der erfolgreichen Sprengung

Foto: DEGES

Projektbeteiligte

Bauherr:	Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch das Land Hessen, dieses vertreten durch DEGES Deutsche Einheit Fernstraßenplanungs- und -bau GmbH, Berlin
Entwurfsplanung:	Konstruktionsgruppe Bauen AG, Kempten, im Auftrag von Hessen Mobil
Ausschreibung:	Leonhardt Andrä und Partner AG, Stuttgart
Prüfingenieur:	Prof. Dr.-Ing. Mark, Düsseldorf
Ausführungsplanung:	Marx Krontal GmbH, Hannover
Bauausführung:	Adam Hörnig Baugesellschaft mbH & Co. KG, Aschaffenburg

angebot durch Sägeschnitte getrennt und mittels Mobilkran abgehoben. Die Pfeiler in den Achsen II und I wurden konventionell mit Longfrontbaggern abgebrochen.

4 Zusammenfassung

Der Rückbau der Lahntalbrücke war eine ingenieurtechnische Herausforderung für alle Beteiligten. Das gewählte Abbruchverfahren hat sich bewährt und wird auch in Zukunft bei vergleichbaren Rückbauprojekten eine maßgebende Rolle spielen können.

Die verschiedenen querenden Verkehrswege während der Abbrucharbeiten immer aufrechtzuhalten und die Beeinträchtigungen für die unmittelbaren Anwohner und die Nutzer der touristischen Einrichtung des Campingplatzes so gering wie möglich zu halten, stellte hohe Anforderungen an die Beteiligten. Ein besonderer Erfolg war, dass trotz so einiger „Widrigkeiten“ die Abbrucharbeiten ohne gravierende Personenschäden für Bauarbeiter und unbeteiligte Dritte abgelaufen sind.

Ab Frühsommer 2018 wird wieder die Natur mit ihrer Kraft den Standort der alten Lahntalbrücke in Besitz nehmen und den Bootsfahrern auf der Lahn ausreichend Platz zum Ein- und Ausstei-

gen bieten, den Anwohnern Ruhe und Erholung gewähren und einen grünen Blick vom Campingplatz in Richtung der neuen Lahntalbrücke ermöglichen, die seit Ende 2016 hoch über den Köpfen elegant das Lahntal überspannt, ausgestattet mit umfassendem Lärmschutz.

Literatur

- [1] Nusch, A.; Franz, S.: Der Ersatzneubau der Lahntalbrücke Limburg. In: Curbach, M. (Hrsg.): Tagungsband zum 26. Dresdner Brückenbausymposium, 14./15.3.2016 in Dresden, Dresden: Institut für Massivbau der TU Dresden, 2016, S. 67–83 – online: https://tu-dresden.de/bu/bauingenieurwesen/imb/resources/dateien/veranstaltungen/dbbs/26_DBBS/DBBS2016-05-Franz.pdf?lang=de.
- [2] Leonhardt, Andrä und Partner AG, Stuttgart: Ausschreibung. 2015.
- [3] Marx Krontal GmbH, Hannover: Ausführungsplanung. 2016.
- [4] Sprengtechnik Hoffmann, Beißner: Sprengtechnische Planung / bauliche Planung. 2017.
- [5] DIN 4150-3:1999-02: Erschütterungen im Bauwesen - Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen.
- [6] Dr. Lichte, Leipzig / München: Erschütterungsgutachten. 2017.

9	Herzlich willkommen zum 28. Dresdner Brückenbausymposium
13	Vorwort zum 28. Dresdner Brückenbausymposium
17	Bauwerksentwürfe nach RE-ING – Was ist neu?
25	Development of cable-stayed bridges in China
41	Vom Rechnen und Wissen – Monitoring an den Talbrücken der Neubaustrecke Erfurt–Leipzig/Halle
59	Nachrechnung und Ertüchtigung der Siegtalbrücke – größte Spannbetonbrücke der Sauerlandlinie (A45)
73	Der Rückbau der Lahntalbrücke Limburg (1964)
87	Einsatz unbemannter Flugsysteme im Brückenbau
101	Eugène Freyssinet: “I was born a builder”
129	Realisierung der Kienlesbergbrücke in Ulm – gestalterische und bauliche Herausforderungen im komplexen Baukontext
141	Die Taminabrücke in der Schweiz, der Heimat großer Brückenbauingenieure
157	100 Jahre Dauerhaftigkeit für Brücken- und Tunnelbauwerke
169	Lebenszyklus- und Qualitätsspezifikationen für Ingenieurbauwerke
189	Versagenshäufigkeit und Versagenswahrscheinlichkeit von Brücken
203	Brückenvielfalt rund um die Ostsee – Bericht zur Brückenexkursion 2017
215	Chronik des Brückenbaus
231	Inserentenverzeichnis