

Hochwasser Juni 2013 – Überflutung einer Festen Fahrbahn und deren Folgen

In der Nacht vom 9. zum 10. Juni 2013 brach ein Elbedeich bei Fischbeck. In dessen Folge kam es zu Überflutungen weiter Landstriche sowie der Hochgeschwindigkeitsstrecke zwischen Berlin und Hannover. Die Schäden mussten ausführlich begutachtet und im Anschluss instandgesetzt werden. Die Wiederinbetriebnahme erfolgte am 4. November 2013.

► Aufgrund des Elbehochwassers brach ein Deich bei Fischbeck (Elbe) auf einer Länge von ca. 50 Metern. Dadurch konnte das in der Elbe aufgestaute Wasser ungehindert und mit enormer Kraft abfließen und es kam zu Überflutungen weiter Landstriche in nordöstlicher Richtung. Dabei wurden ca. 5 Stunden nach dem Deichbruch zwischen Schönhausen und Schönhauser Damm die zweigleisige Hochgeschwindigkeitsstrecke 6185, Bauart Feste Fahrbahn, sowie die eingleisige Stammstrecke 6107, Schotteroberbau, nicht elektrifiziert, auf einem ca. 5 km langen Abschnitt überflutet (Bild 1).

Die Bahnstrecke quert im Überflutungsbereich eine Niederung. Der Bahnkörper bildete eine Barriere für das aus südlicher Richtung zufließende Wasser. Das anströmende Wasser wurde in nördlicher Richtung durch die an drei Eisenbahnüberführungen (EÜ) und mehreren Durchlässen (DL) vorhandenen Öffnungen durch den Dammkörper hindurch auf die gegenüberliegende Seite geleitet. Der Anstieg des Wassers vor dem Dammkörper wurde dadurch verzögert.

Der Bahndamm selbst wurde nicht sofort überflutet, sondern zunächst allmählich eingestaut. Als der Wasserstand die Schot-

BILD 1: Fotoaufnahme vom 11.06.2013, überflutete Strecke 6185 ca. km 190,3, rechts im Bild Strecke 6107 ca. km 90,3



Dipl.-Ing. (FH) Falk Hebenstreit
Projektleiter Wiederinbetriebnahme
Strecke Berlin – Hannover nach Hoch-
wasser, DB Netz AG
falk.hebenstreit@deutschebahn.com



**Dipl.-Verk.wirtsch.
Ruby Schwurack**
Fachreferentin Schadens-
angelegenheiten, DB Netz AG
ruby.schwurack@deutschebahn.com



M.Sc. René Kipper
Geschäftsführer
GEPRO Ingenieurgesellschaft mbH,
ö.b.u.v. Sachverständiger für Erdbau
und Baugrundbeurteilung im
Verkehrswegebau
rene.kipper@gepro-dresden.de



Dr.-Ing. Jürgen Wolf
Gutachter Oberbau/
Feste Fahrbahn
j.wolf@htvs.de

terbettung der Stammstrecke erreicht hatte, wurde die Bettung zunächst durch- und dann überströmt. Infolge des vergleichsweise langsamen Einstauens waren die Fließgeschwindigkeiten bei der Überströmung der Gleisanlagen gering. Das Wasser floß anschließend mehrere Tage über die Gleise. Das Absinken des Wasserspiegels erfolgte ebenfalls langsam mit noch geringeren Strömungsgeschwindigkeiten. Bei der Durchströmung der an EÜ bzw. DL im Dammkörper vorhandenen Öffnungen traten hingegen starke Strömungen auf, wie die dort eingetretenen Erosionsschäden belegen. Die insgesamt ungünstigen Vorflutverhältnisse

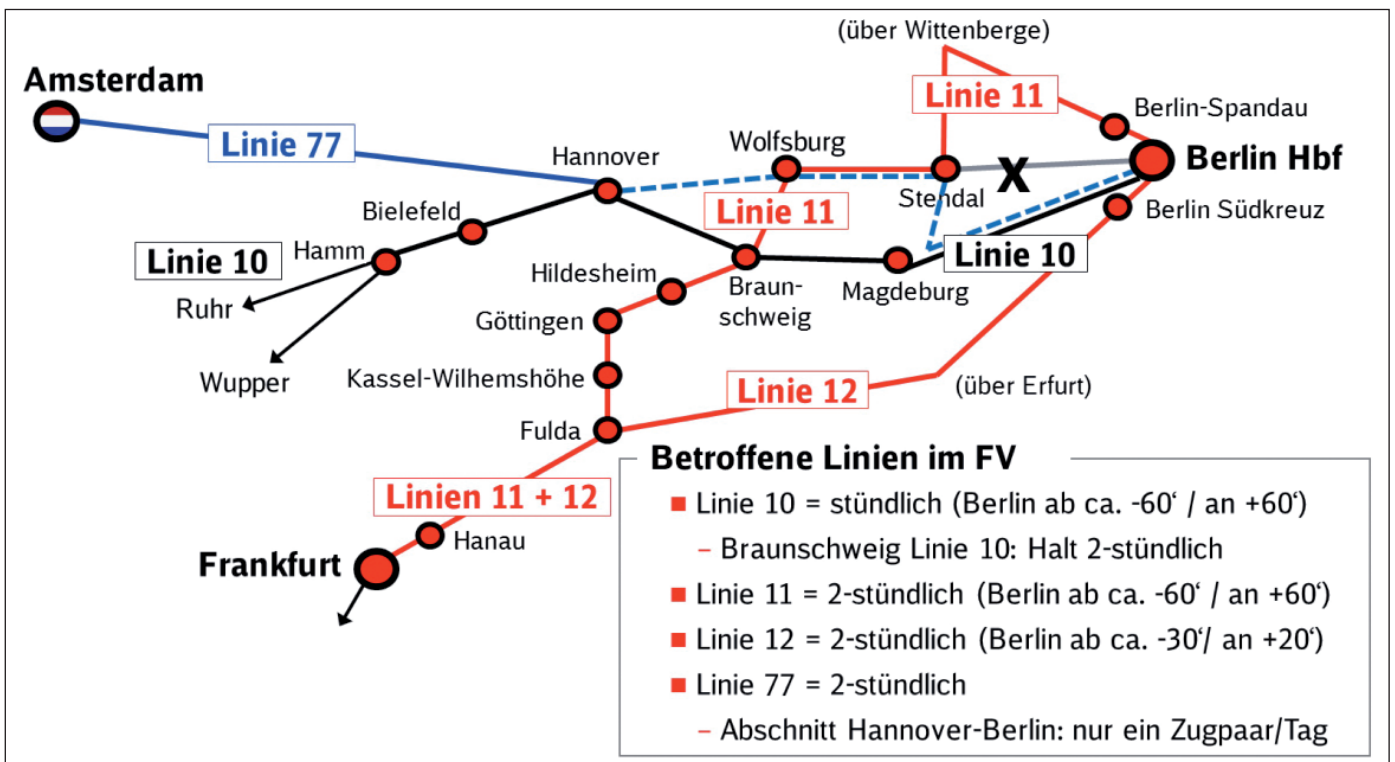


BILD 2: Neues Fahrplankonzept im Fernverkehr, gültig vom 29.07.2013 bis zur Wiederinbetriebnahme des Abschnitts Berlin Hbf – Stendal [1]

führten dazu, dass der Dammkörper über einen längeren Zeitraum eingestaut blieb.

1. VERKEHRLICHE FOLGEN

Mit Eintritt des Hochwassers wurde ein Notfahrplan erarbeitet. Als ersichtlich wurde, dass die Sperrung über einen längeren Zeitraum andauern würde, musste ein völlig neues Fahrplankonzept anstelle des Interimsfahrplans konstruiert werden. Mehr als 80 Mitarbeiter aus den Planungsbereichen der DB Netz AG waren sechs Wochen lang mit der Anpassung des neuen Fahrplans sowie der neuen Bauplanung beschäftigt. Diese mit den Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU) abgestimmten Neuerungen konnten dann zum 29. Juli 2013 umgesetzt werden. Insgesamt wurden dabei in Summe etwa 10000 Fahrpläne für Zugfahrten des Schienenpersonen- sowie Schienengüterverkehrs angepasst. Dies betraf auch internationale Verbindungen, z. B. nach Paris und Amsterdam. Durch die notwendigen Umleitungen über Wittenberge, Magdeburg bzw. Erfurt kam es auf den jeweiligen Linien des Fernverkehrs zu einer bis zu 60 Minuten verlängerten Reisezeit von und nach Berlin (Bild 2).

2. AUFRÄUMARBEITEN UND BEGINN DER INSTANDSETZUNGSMASSNAHMEN

Während auf beiden Seiten der Strecke noch großflächig Wasser stand, konnte Anfang Juli mit den Aufräumarbeiten begonnen werden. Die Fahrbahn wurde von Unrat, Vegetation sowie Strohballen befreit und gesäubert. Im Anschluss wurde die gesamte Streckenausrüstung auf ihre Funktionsfähigkeit überprüft. Schnell zeigte sich Instandsetzungsbedarf beispielsweise an den

→ Weichenstell- und Überwachungssystemen,

→ Weichenheizungs-, Gleisfreimelde- und Heißläuferortungsanlagen sowie
→ Anlagen der Leit- und Sicherungstechnik, Telekommunikation sowie LZB.

Mit Hochdruck wurde an der Reparatur von Weichenantrieben, Signalen, Verteilerschränken, Achszählern und Kabeln gearbeitet. Im Fokus stand ebenfalls die Kontrolle der Standsicherheit der Oberleitungsmasten sowie deren Vermessung. Die Bauwerke des konstruktiven Ingenieurbaus wurden ebenso geprüft und im Anschluss instand gesetzt. Bei den zugesetzten DL erfolgte eine Wiederherstellung der Funktionsfähigkeit mittels Hochdruckpülverfahren. »

BILD 3: Bundeskanzlerin Frau Dr. Merkel und Bahnchef Dr. Rüdiger Grube besichtigen die Instandsetzungsarbeiten an der HGV



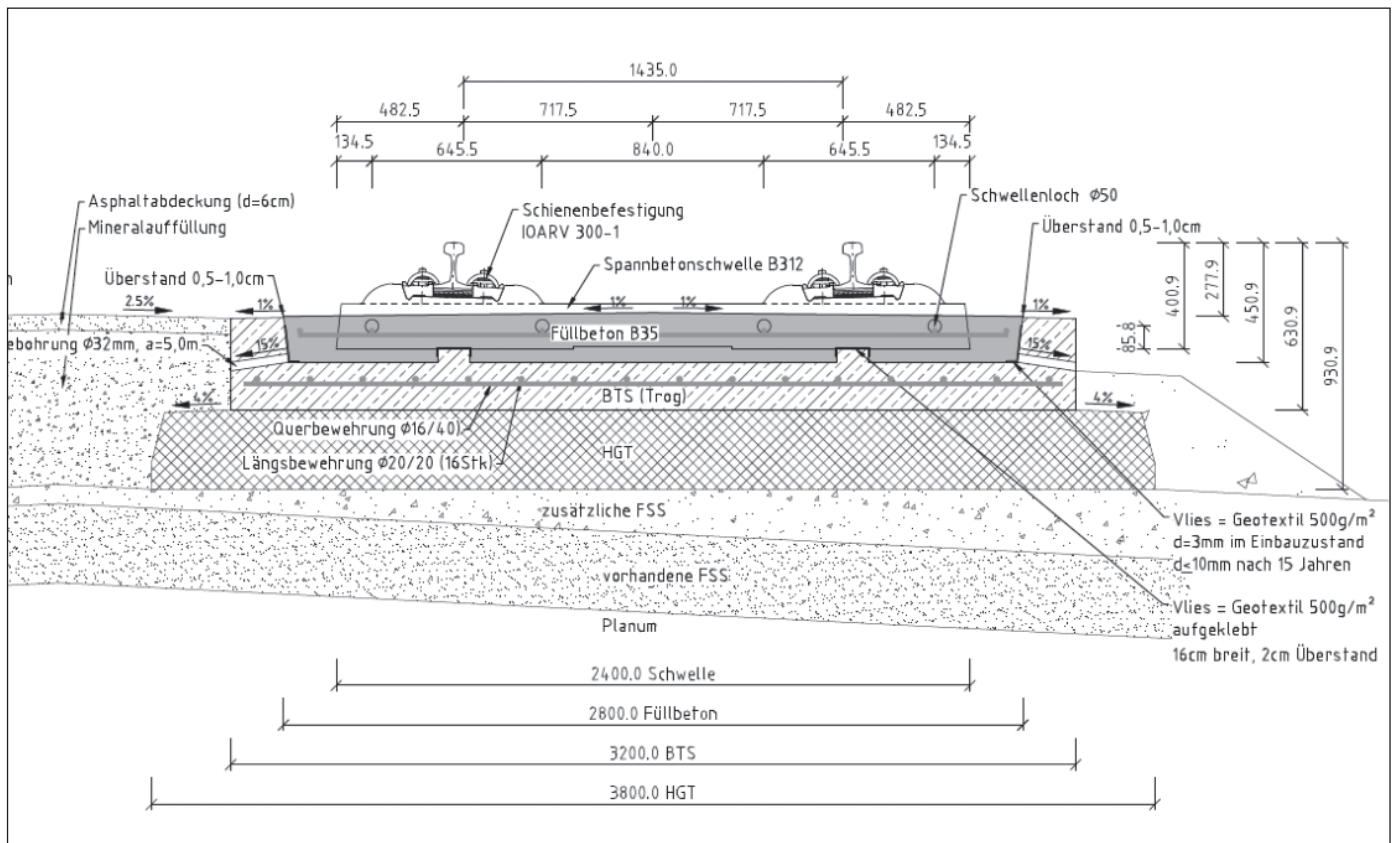


BILD 4: Schematische Darstellung der Festen Fahrbahn, Bauart Rheda (klassisch), modifiziert System Heilit und Woerner

Am 23. Juli 2013 informierte sich die Bundeskanzlerin Dr. Angela Merkel während eines Besuches der Hochwasserregionen in Sachsen-Anhalt über die Instandsetzungsarbeiten an der HGV (Bild 3).

Die Streckensperrung wurde über den gesamten Zeitraum in den Medien thematisiert und stand unter hoher politischer Brisanz. Das Ziel war es zwar, den betroffenen Streckenabschnitt schnellstmöglich wieder freizugeben, dabei galt jedoch auch im Interesse der EVU und Bahnkunden der Leitsatz „Sicherheit vor Schnelligkeit“. Den gesamten August über waren von der DB Netz AG gebundene externe Gutachter in Zusammenhang mit der Zustandsbewertung der HGV tätig. Dabei erfolgte eine Gesamtbewertung in den Leistungsteilen Feste Fahrbahn durch den Gutachter Herrn Dr. Wolf sowie Unterbau/Untergrund durch die GEPRO Ingenieurgesellschaft mbH in der Arbeitsgruppe Feste Fahrbahn/Unterbau.

3. BEGUTACHTUNG FESTE FAHRBAHN

Im überfluteten Abschnitt der Strecke 6185 Berlin–Hannover (HGV) wurde 1998 eine Feste Fahrbahn der Bauart Rheda (klassisch), modifiziert System Heilit und Woerner, eingebaut. An den Flanken der Fahrbahn ist Schotter als Evakuierungshilfe angeschüttet.

Der schematische Aufbau dieser Bauart ist in Bild 4 dargestellt.

3.1. UNTERSUCHUNGSPROGRAMM

Nach dem Rückgang des Hochwassers Anfang August 2013 bestand die Aufgabe, den Zustand der Festen Fahrbahn einzuschätzen und Maßnahmen zur schnellen Wiederinbetriebnahme vorzuschlagen und umzusetzen. Zur Einschätzung des Zustandes der Festen Fahrbahn wurde ein Befahrungsprogramm mit folgenden Schwerpunkten aufgestellt und durchgeführt:

- Beurteilung des Zustandes der Schwellen hinsichtlich von Rissbildungen,
- Aufnahme der Risse im Tragsystem der Festen Fahrbahn (Füllbeton, Betontragschicht (BTS), der hydraulisch gebundenen Tragschicht (HGT)) sowie der Abplatzungen und Kantenabbrüche an den Rissufern des Füllbetons und der BTS,
- Feststellen und Dokumentieren von eventuell vorhandenen Verbundstörungen zwischen Füllbeton und BTS sowie BTS und HGT,
- Erfassen der gegebenenfalls lockeren und hohl liegenden Schwellen im Füllbeton sowie
- Beurteilung der Auflagerung der HGT auf der Frostschutzschicht (FSS).

Durch das Entfernen des Flankenschotters bis auf die Oberkante der FSS konnte der gesamte Baukörper der Festen Fahrbahn erfasst und komplex bewertet werden. In Bild 5 ist der Zustand nach dem Schotterabtrag und nach Abtrocknung des Bereiches erkennbar.

3.2. UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE UND BEWERTUNG FÜR DIE HGV

Durch das Hochwasser wurde die Feste Fahrbahn vollständig überflutet. Da das Wasser langsam angestiegen und langsam zurückgegangen war, sind keine Zerstörungen oder Ausspülungen direkt an der Fahrbahn aufgetreten.

Im Füllbeton mit den einbetonierten Schwellen waren Schäden in Form von Längs- und Querrissen sowie losen und hohl liegenden Schwellen vorhanden. Dieser Zustand hat dazu beigetragen, dass das Wasser aus dem Hochwasserereignis in diesen Teil der Konstruktion eindringen konnte. Die vorhandenen Hohlräume und der Betonkörper wurden vollständig gesättigt. Damit das Wasser wieder aus der Konstruktion abfließen konnte, wurden alle Entwässerungslöcher, welche einen Durchmesser von 50 mm aufweisen und mit Schlamm zugesetzt waren, mittels Bohrungen geöffnet.

Auf dem gesamten vom Hochwasser

überfluteten Streckenabschnitt konnten keine Verbundstörungen zwischen der BTS und der HGT festgestellt werden. Die mittragende Wirkung der HGT ist somit vollumfänglich gewährleistet. Die HGT zeigte kein Lösen von Zuschlagstoffen. Das Gefüge ist geschlossen und kompakt. Die Auflagerung der HGT auf der FSS war im hochwasserüberfluteten Abschnitt überall vorhanden. Es sind keine Hohlräume und Unterspülungen erkennbar gewesen.

3.3. BEWERTUNG DER SCHÄDIGUNG UND EINSCHÄTZUNG ZUR WIEDERAUFNAHME DES EISENBAHNBETRIEBES

Zum Zustand der Festen Fahrbahn und zur Festlegung von Maßnahmen zur Wiederinbetriebnahme der HGV im Hochwasserabschnitt wurde folgende abschließende Einschätzung gegeben [2]:

- Aus oberbautechnischer Sicht bestanden keine Bedenken gegen eine Wiederinbetriebnahme der HGV-Strecke.
- Es wurde empfohlen, die Risse im Füllbeton zu beseitigen und die losen und hohl liegenden Schwellen festzulegen. Zur Beseitigung dieser Schäden wurden Sanierungskonzepte erarbeitet und bereits erfolgreich erprobt.

4. BEGUTACHTUNG UNTERBAU UND UNTERGRUND

4.1. UNTERSUCHUNGSPROGRAMM

Zur Beurteilung der Unterbau- und Untergrundverhältnisse im Bereich km 186,0 – km 192,0 der HGV wurden folgende Ingenieurleistungen erbracht:

- Recherche und Auswertung der in den Archiven der DB Netz AG vorliegenden Baugrundinformationen,
- Recherche zum Einstau-, Strömungs- und Abflussvorgang beim Hochwasserereignis,
- Bewertung der Wasserempfindlichkeit von Unterbau und Untergrund auf Grundlage der recherchierten Informationen zu den Baugrundverhältnissen,
- Durchführung von Streckenbegehungen und Dokumentation der an den Erd- und Ingenieurbauwerken entstandenen Schäden,
- Aufstellen eines Programms für Feld- und Laboruntersuchungen zur Bestimmung der bodenmechanischen Eigenschaften der Tragschichten, sowie des Unterbaus/Untergrundes auf Grundlage der Vorerkundung mittels Georadar,



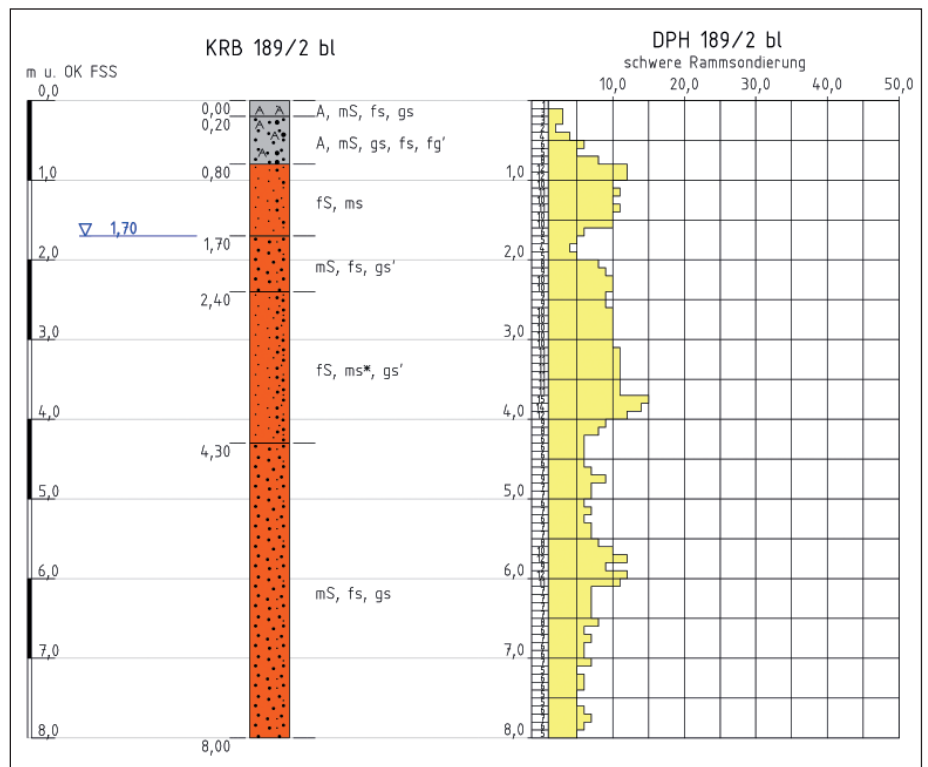
BILD 5: Fotoaufnahme vom 02.08.2013, Zustand der Festschwellenbahn, Bauart Rheda (klassisch), modifiziert System Heilit und Woerner, nach dem Schotterabtrag

- Durchführung und Auswertung der Feld- und Laboruntersuchungen,
- gutachterliche Bewertung zur Tragfähigkeit und zur Gebrauchstauglichkeit der Erdbauwerke und
- Ableitung von Empfehlungen für bautechnische Maßnahmen zur Ertüchtigung der Erdbauwerke und Bewertung zum Erfordernis von Maßnahmen zur messtechnischen Überwachung.

4.2. UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE UND BEWERTUNG FÜR DIE HGV

An der HGV wurden Kleinrammbohrungen sowie Rammsondierungen zur Bestimmung der Baugrundschiichtung und der Lagerungsdichte in Unterbau und Untergrund seitlich der Festschwellenbahn ausgeführt. Die Erkundungen bestätigten die Rechercheergebnisse und zeigten einen mit Sanden »

BILD 6: Bohrprofil der Kleinrammbohrungen (KRB) 189/2 bl und Rammdiagramm der schweren Rammsondierung (DPH) 189/2 bl bei km 189,200 bahnlinks



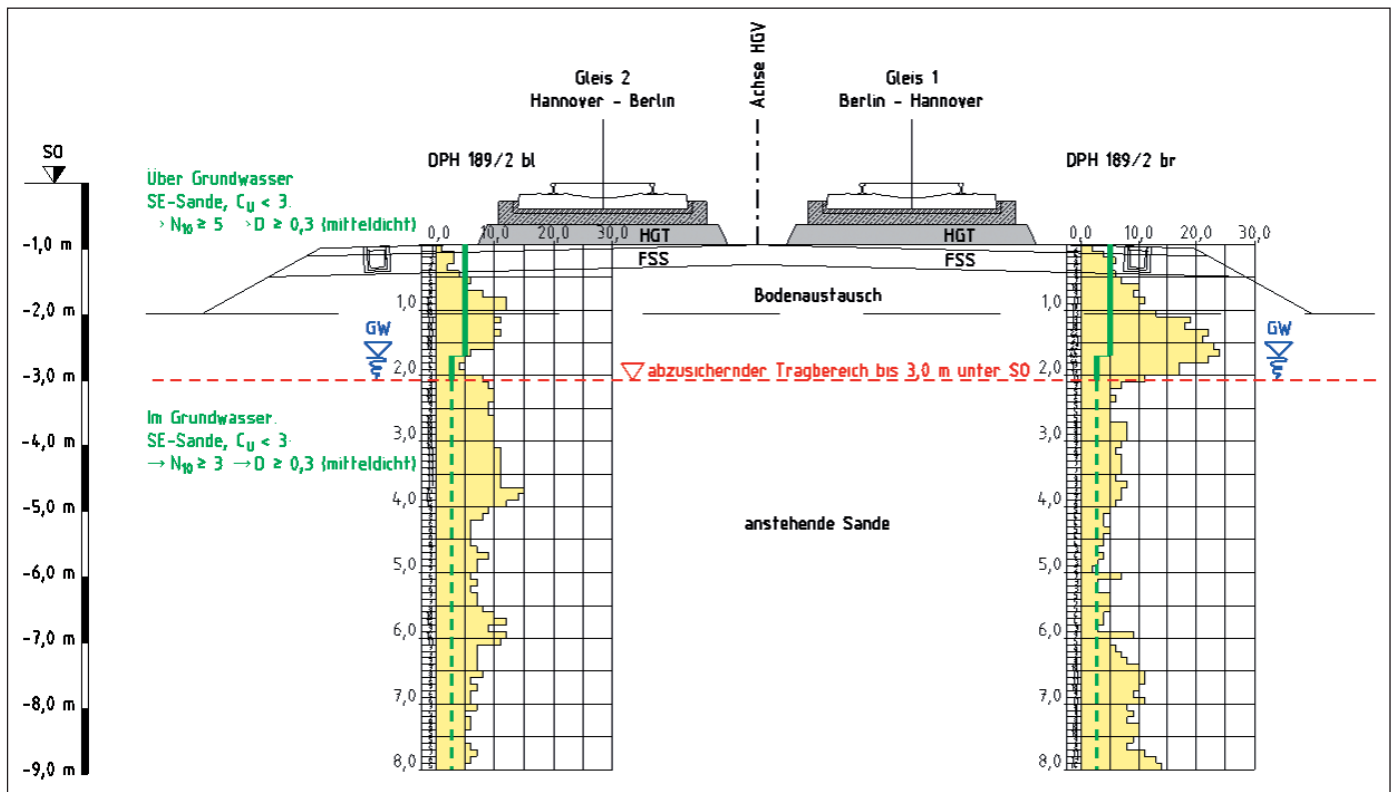


BILD 7: Vergleich der Anforderungen an die Lagerungsdichte für den abzusichernden Tragbereich für Feste Fahrbahn mit repräsentativen Erkundungsergebnissen gemäß Ril 836.4101A01 für bestehenden Untergrund (entnommen aus [3])

bis zur Erkundungsendtiefe, ca. 9,0 m unter Schienenoberkante (SO), sehr homogenen Baugrund. Beispielhaft sind die Aufschlussprofile bei km 189,200 bahnlinks in Bild 6 dargestellt.

Die Bewertung der erkundeten Lagerungsdichte für bestehende Erdbauwerke erfolgte anhand der einzuhaltenden Anforderungen der aktuell gültigen Richtlinie (Ril) 836.4101A01 [4]. Demnach ist für die Feste Fahrbahn mit Fahrgeschwindigkeiten von $v \geq 230$ km/h – im betroffenen Streckenbereich beträgt die Betriebsgeschwindigkeit $v = 250$ km/h – eine mindestens mitteldichte Lagerung bis in die Tiefe von 3,0 m unter SO nachzuweisen. In Bild 7 sind die Ergebnisse der Rammsondierungen in einem repräsentativen Querschnitt bei km 189,200 dargestellt. Die Rammdiagramme zeigen die Anzahl der Schläge je 10 cm Eindringtiefe. Die grün dargestellten Linien in den Rammdiagrammen beschreiben die mindestens zu erreichenden Schlagzahlen, um die Anforderung einer mitteldichten Lagerung zu erfüllen. Die Auswertung der Schlagzahlen erfolgte für Böden mit einer Ungleichförmigkeitszahl $C_u < 3$, d.h. einem gleichförmigen Boden. Dabei wird zwischen Böden unterschieden, die über bzw. unter dem Grundwasser liegen.

Die grafische Darstellung in Bild 7 zeigt, dass die Anforderung einer mitteldichten Lagerung innerhalb des abzusichernden

Tragbereiches im Untergrund eingehalten ist. Dieses Ergebnis konnte auf den gesamten erkundeten Untergrund der HGV übertragen werden. Der Baugrund erfüllt damit die Qualitätsanforderungen gemäß Ril 836.

4.3. BEWERTUNG DER SCHÄDIGUNG UND EINSCHÄTZUNG ZUR WIEDERAUFNAHME DES EISENBAHNBETRIEBES

Für die HGV wurde im Ergebnis der Baugrunderkundungen folgende zusammenfassende Bewertung abgegeben [3]:

Bei der Überströmung der Gleisanlagen wurde der Flankenschotter auf der bahnrechten bzw. der dem Hochwassereinstau abgewandten Seite der Festen Fahrbahn geringfügig verlagert. Abschnittsweise waren Ablagerungen von Schwemmgut und Feinanteilen auf dem beidseitigen Flankenschotter vorhanden.

Das Hochwasserereignis hat den Zustand von Unterbau und Untergrund nicht nachhaltig verschlechtert. Im Unterbau/ Untergrund stehen Fein- und Mittelsande (enggestufte Kornverteilung) in mitteldichter Lagerung an. Die Anforderungen an die Lagerungsdichte im abzusichernden Tragbereich bis 3,0 m unter SO sind gemäß Ril 836.4101A01 für die Feste Fahrbahn erfüllt. Der Untergrund ist ausreichend tragfähig und gebrauchstauglich.

In Auswertung der Baugrunderkundung mit konventionellen Aufschlüssen sowie der mit dem Georadar gewonnenen Erkenntnisse wurden sehr homogene Baugrundverhältnisse festgestellt und es konnten durch das Hochwasser entstandene Hohlräume/ Verformungen/Kornumlagerungen im Dammkörper ausgeschlossen werden.

Der Dammkörper der HGV wurde durch das Hochwasser nicht erheblich geschädigt. Infolge der verhältnismäßig geringen Überströmungsgeschwindigkeit sind keine gravierenden Erosionsschäden am Erdkörper eingetreten. Ausgenommen hiervon sind lokale, kleinere Erosionsschäden im Bereich von den EÜ sowie DL, bei denen während der Durchströmung eine erhöhte Strömungsgeschwindigkeit vorhanden war. Diese kleineren Erosionsschäden waren zu beheben.

Aus geotechnischer/erdbautechnischer Sicht bestanden nach den Baugrunderkundungen und den zwischenzeitlich durchgeführten Maßnahmen zur Schadensbeseitigung keine Bedenken gegen eine Wiederaufnahme des Betriebes auf der HGV im Überflutungsbereich.

Aufgrund der nicht optimalen Vorflutverhältnisse und gesättigten Böden im gesamten Umfeld sind weiterhin ein erhöhter Grundwasserstand und ein erhöhter Wassergehalt im Untergrund vorhanden. Damit können Langzeitsetzungen im Unterbau

und im Untergrund nicht vollständig ausgeschlossen werden.

Zur Absicherung eines gebrauchstauglichen Zustandes des Tragsystems Oberbau/Unterbau/Untergrund wird deshalb

- die Gleislage hinsichtlich möglicher Langzeitsetzungen bis 12 Monate nach Inbetriebnahme zusätzlich auf langweilige Wiederlageänderungen auf Basis von mit dem Gleismessfahrzeug RALab gewonnenen Gleisgeometriemessdaten überwacht und
- die Gebrauchstauglichkeit des Eisenbahnfahrweges in zwei repräsentativen Querschnitten gemäß der neuen Planungshilfe der DB Netz AG [5] zur Nachweisführung der dynamischen Stabilität belegt.

5. WEITERFÜHRENDE INSTANDSETZUNGSMASSNAHMEN

Anfang September wurden die Ergebnisse der gutachterlichen Bewertung vorgelegt. Da sich keine tiefgehenden Schädigungen des Systems der Festen Fahrbahn sowie des Unterbaus/Untergrundes zeigten, konnte die Konzentration weiterhin auf der Erneuerung der Streckenausrüstung liegen. Der Ausbau und die Neuverlegung von über 100 km Kabel, beispielsweise des Linienleiters für die linienförmige Zugbeeinflussung (LZB), nahmen die längste Zeit in Anspruch. Die Weichenantriebe und die betroffenen leit- und sicherungstechnischen Einrichtungen wurden neu installiert, im Weiteren 180 Signale und Oberleitungsmasten sowie mehrere Weichen überprüft und wenn notwendig repariert. Die losen Schwellen wurden mit einem Gemisch aus Silikatharz verklebt und somit wieder festgelegt. Die Anschüttung des neuen Flankenschotters erfolgte als letzter Schritt. Zur Kontrolle und zum permanenten Monitoring des Grundwasserspiegels, auch zukünftig, installierte die DB Netz AG Pegelmesseinrichtungen im Überflutungsbereich.

6. PRÜFFAHRTEN UND WIEDERINBETRIEBNAHME

Die Wiederinbetriebnahme erforderte im Vorfeld ein umfangreiches Testprogramm. Zum Einsatz kamen neben innovativer Messtechnik spezielle Prüffahrzeuge wie das RALab. Dieser Messzug ist mittels der am Fahrzeugboden und -gestell montierten Laser in der Lage, mögliche Gleislagefehler zu detektieren. Zur Analyse des Schienenzustands kam die Ultraschallprüfung

zur Anwendung. Dafür werden an eigens dafür entwickelten Messzügen angebrachte Prüfköpfe auf dem Schienenkopf entlanggeführt. Das Echo des dabei bis zum Schienenfuß eingeleiteten Ultraschalls wird aufgenommen und computergestützt ausgewertet, wodurch mögliche Fehler im Material erkennbar sind. Ergänzend erfolgte die Schienenprüfung mit Wirbelstrom um auch oberflächennahe Schienenfehler aufzudecken. Die Kontrolle der Oberleitung übernahm ein Diagnosedrivewagen zur Bestimmung der korrekten Position der ein- und auslaufenden Fahrdrähte mit Sensoren am Stromabnehmer des Fahrzeugs. Zur Untersuchung der Kräfte zwischen Rad und Schiene sowie Stromabnehmer und Oberleitung unter möglichst realen Bedingungen wurde der ICE-S eingesetzt [6]. Zuletzt wurden vor der Wiederaufnahme des Betriebes die Schienen mit hoher Geschwindigkeit geschliffen (High Speed Grinding).

7. FAZIT

Die fast 5 Monate lange Unterbrechung der Hauptverkehrsachse von Berlin nach Hannover stellte eine extreme Belastung der Bahnkunden, als auch der mit der Wiederinbetriebnahme Beauftragten dar. Während der Sperrung erfolgte wöchentlich die Kontrolle der Arbeitsschritte bei einem Jour Fixe mit den Verantwortlichen der DB Netz AG und den beteiligten Firmen. Nur gemeinsam konnte diese große einmalige Herausforderung gemeistert werden. Am 4. November 2013 konnte die HGV mit der zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 250 km/h und unter Berücksichtigung aller sicherheitsrelevanten Aspekte erfolgreich wieder in Betrieb genommen werden. ◀

Literatur

- [1] Newsletter „Pegelstand“, DB AG Kommunikation Netz GKI 2, 30. KW.
- [2] Bewertung der Festen Fahrbahn nach den Hochwasserereignissen im Juni 2013, Schnellbahnverbindung Hannover – Berlin, Streckenbereich km 187,0 – km 190,6 (Strecke 6185, HGV-Strecke), Dr.-Ing. Jürgen Wolf, 09.09.2013.
- [3] Bewertung der Unterbau- und Untergrundverhältnisse nach den Hochwasserereignissen im Juni 2013 – Bericht Schnellbahnverbindung Hannover – Berlin, Streckenbereich km 186,0 – km 192,0 (Strecke 6185, HGV-Strecke), 926-006_BER, GEPRO Ingenieurgesellschaft mbH, 24.09.2013.
- [4] Ril 836; Erdbauwerke und sonstige geotechnische Bauwerke planen, bauen und instand halten, Fassung vom 20.12.1999a mit 1. und 2. Aktualisierung, Deutsche Bahn AG, 01.02.2013.
- [5] Planungshilfe „Rechnerisches Verfahren“ zu Ril 836.3001-5 Nachweise und Untersuchungen zur dynamischen Stabilität des Unterbaus/Untergrundes, DB Netz AG, INVT 42, 26.08.2013.
- [6] Newsletter „Pegelstand“, DB AG Kommunikation Netz GKI 2, 43. KW.

► SUMMARY

The June 2013 floods – Slab track under water and the consequences

In the night of 9 to 10 June 2013, a dyke gave way on the river Elbe near Fischbeck. That resulted in extensive flooding, and the high-speed railway line between Berlin and Hannover was affected too. The damage had to be assessed in detail. In order to establish the state of the substructure, it was necessary to run trains carrying georadar equipment, to take drilled samples and to insert probes. As it happened, no work needed to be performed on the substructure, and most of the repairs concerned items of equipment along the line, such as the command, control and safety systems. These lasted until the line was ready to re-enter service on 4 November 2013.

- ▲ Gutachterliche Studien und Zuarbeiten
 Beurteilung der Standsicherheit und der dynamischen Stabilität im Verkehrswegebau
 FE-Modellierung, Verformungs-, Konsolidierungs- und Setzungsberechnung
 Baugrundbegutachtung und Gründungsberatung
- ▲ Objekt- und Tragwerksplanung
 Verkehrs- und Tiefbau
 Spezialtiefbau, Untergrundertüchtigung im Verkehrswegebau
 Stützbauwerke, Bauweisen mit Geokunststoffen
- ▲ Baubetreuung
 Eigenüberwachungs- und Kontrollprüfungen
 Messtechnische Überwachung
 Abfallrechtliche Betreuung
 Bauüberwachung

GEPRO
 Ingenieurgesellschaft für Geotechnik
 Verkehrs- und Tiefbau und Umweltschutz mbH
 Caspar-David-Friedrich-Straße 8
 01219 Dresden
 Tel. 0351 / 877 75 - 0
 Fax 0351 / 877 75 - 55
 Internet: www.gepro-dresden.de E-Mail: info@gepro-dresden.de