

11. Dezember 2018

w&p geoprojekt GmbH v Heinrich-Heine-Str. 8 v 99423 Weimar

DB Netz AG
Regionalbereich Süd, Resort Produktion
Regionales Projektmanagement
Richelstraße 1
80634 München

Prüfbericht 183-070 PB-EG 01
Statisch-konstruktive Fachprüfung "Erd- und Grundbau"

Strecke 4560 Kißlegg – Hergatz, Bahn-km 5,9+00 ... 6,6+00 l.d.B.
Einschnitt Kißlegg, Böschung Ostseite

Baumaßnahme:	Böschungssicherung
Bearbeitungskennzeichen EIU:	DB Netz AG, Regionalbereich Süd Regionales Projektmanagement
Prüfauftrag-Nr., Datum:	0016/MV3/41705100, 08.10.2018
bisherige Prüfberichte:	keine
Stand der Prüfung:	wird fortgesetzt

1 Veranlassung

Im Zuge einer geplanten Sicherungsmaßnahme an der Ostböschung des Einschnittes Kißlegg im o.g. Streckenabschnitt der Bahnstrecke Kißlegg – Hergatz, wurde Herr Prof. Dr.-Ing. K. J. Witt als anerkannter Gutachter für Geotechnik im Eisenbahnbau mit den Tätigkeitsbereichen Erd-/ Grundbau, Felsbau und Geokunststoffe (Stempel-Nr. 21/13/0204) von der DB Netz AG, Regionalbereich Süd, mit der bautechnischen Prüfung der Vorplanung in statisch-konstruktiver und geotechnischer Hinsicht nach §20 VV Bau beauftragt.

Prof. Dr.-Ing. Karl Josef Witt

EBA-Prüfsachverständiger für:

- Erd- und Grundbau (EG)
- Felsbau (F)
- Geokunststoffe (G)



Vereinigung der
Sachverständigen / Prüfer
für bautechnische Nachweise
im Eisenbahnbau e.V.

Dipl.-Ing. Christian Ernst

EBA-Prüfsachverständiger für:

- Erd- und Grundbau (EG)
- Felsbau (F)

Anschrift:

w&p geoprojekt GmbH
Heinrich-Heine-Straße 8
99423 Weimar

Telefon:

+49 (0) 3643 / 77 399 -27

Telefax:

+49 (0) 3643 / 77 399 -28

Mobil:

0160 / 96 82 48 49 (Witt)
0160 / 96 81 09 02 (Ernst)

E-Mail:

witt@wittundpartner.de
ernst@wittundpartner.de

Internet:

www.wittundpartner.com

Bankverbindung:

DKB Deutsche Kreditbank AG
DE75 1203 0000 1018 9007 51
BYLADEM1001



2 Grundlagen der Prüfung

2.1 Antragsunterlagen für die Baumaßnahme

- Vorplanung Böschungssicherung
- Variantenuntersuchung
- Standsicherheitsnachweise

2.2 Genehmigungsbehörde

Es handelt sich voraussichtlich um eine vorlagepflichtige Baumaßnahme nach §19 VV Bau 4.53 oberhalb der Wertgrenze von 3 Mio. € anzeigepflichtiger Baumaßnahmen gemäß §18 V Bau.

Genehmigungsbehörde: EBA-Außenstelle Stuttgart

Prüfung beauftragt durch: DB Netz AG
Niederlassung Süd (I.NF-S-P(3))
Sandstraße 38-40
90443 Nürnberg

2.3 Antragsteller

EIU / BVB: DB Netz AG, Regionalbereich Süd

Aufsteller der Antragsunterlage: DB Engineering & Consulting GmbH
Region Süd, Planung München
Richelstraße 3
80635 München

2.4 Aufsteller Baugrundgutachten

DB International GmbH
Bereich Süd, Büro München
Landsberger Straße 318
80687 München

2.5 Zugrunde liegende Vorschriften

- DB-Richtlinie (Ril) 836, Fassung vom 01.07.2018 (5. Aktualisierung)
- Regelwerke und Referenznormen gemäß ELTB 01/2016

3 Prüfunterlagen

3.1 Prüfgegenstand

Gegenstand der statisch-konstruktiven Fachprüfung "Erd- und Grundbau" sind die Unterlagen und die dazugehörigen erdstatischen Standsicherheitsnachweise zur Untersuchung geeigneter Varianten für die Sicherung der Einschnittsböschung zwischen km 5,9+00 und km 6,6+00 l.d.B.

Die Prüfung beinhaltet im Unterschied zu der noch ausstehenden Grünprüfung der endgültigen Entwurfs- bzw. Ausführungsplanung vorerst nur eine vergleichende Plausibilitätsprüfung der betrachteten Sicherungsvarianten aus der Vorplanung im Hinblick auf dauerhafte Gewährleistung der Böschungsstabilität, die geotechnischen Ausführungsrisiken sowie Angaben zu den jeweils erforderlichen genehmigungsrechtlichen Vorgaben. Die Vorplanung wurde von der DB International GmbH, München, mit Datum vom 02.02.2015 aufgestellt.

3.2 Prüfunterlagen

Erläuterungsbericht:

- [A 1.1] Vorplanung, Erläuterungsbericht (38 Seiten)
- [A 1.2] Vorplanung, Lösungsvorschlag inkl. Bewertungsmatrix (3+1 Seiten)
- [A 1.3] Vorplanung, Zusätzliche Varianten inkl. Bewertungsmatrix (4+1 Seiten)

3.3 Sonstige Unterlagen (kein Prüfgegenstand)

Baugrundgutachten:

- [U 1] DB-Strecke 4560 Kißlegg-Hergatz, km 5,900 – 6,600 bahnlinks
Geotechnischer Bericht "Sanierung Einschnittsböschung"
DB International GmbH, München, 13.03.2014

3.4 ZIE, UiG, Zulassungen

- [Z 1] EBA-Zulassung 21.43 lbzb (011/07)(Zul) für das Hydro-Zementations-Verfahren (HZV)
Verlängerung 21.42-21izbie/011-2101#011-(041/16-Zul) vom 08.05.2017
- [Z 2] Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung, DYWIDAG Bodennägel, Z-20.1-106
DIBt – Deutsches Institut für Bautechnik, 22.06.2017 (befristet bis 02.05.2022)

4 Prüfergebnis

4.1 Zusammenfassung

Die erdstatischen Nachweise und Standsicherheitsberechnungen der untersuchten Varianten zur Böschungssicherung wurden für die maßgebenden Schnitte im Endzustand (BS-P) geführt. Das Baugrundmodell sowie die Berechnungsannahmen wurden anhand der vorliegenden Erkundungsergebnisse [U 1] auf Plausibilität geprüft und werden bestätigt. Der Umfang und der Detailgrad der Plandarstellungen erfüllen die Anforderungen an eine Vorplanung.

Unter Ansatz vergleichbarer Annahmen und Randbedingungen wurden die Bemessungsergebnisse durch eigene stichprobenartige Vergleichsrechnungen geprüft und mit auf der sicheren Seite liegenden Abweichungen bestätigt. Die Geometrie der zugrundeliegenden Geländeprofile und das Baugrundmodell wurden dabei als zutreffend vorausgesetzt. Bei den Untersuchungen zu den Varianten 1 bis 4 wurden im Gegensatz zu den Varianten 5 und 6 keine Verkehrslasten auf der Böschungskrone berücksichtigt, die resultierenden Ergebnisse der Standsicherheitsuntersuchungen sind daher nur bedingt vergleichbar.

Gemäß Ril 836.1402A02, Abs. 3(3) gilt der Planungsgrundsatz: *"Standsicherheitserhöhungen von bestehenden Böschungen sollen mit Vernagelungen (Anmerkung: ohne statisch wirksame Außenhaut) oder Erdbetonstützscheiben ausgeführt werden."* Bei Verdübelungen ist die technische Notwendigkeit und Wirtschaftlichkeit zu bewerten.

Die Varianten 3 bis 6 sind als Sicherungsmaßnahmen zur Erhöhung der Böschungsstandsicherheit prinzipiell geeignet. Die technisch-wirtschaftlichen Vor- und Nachteile wurden im Rahmen der Vorplanung gegenübergestellt und bewertet. Die Variante 5 wird auch aus statisch-konstruktiver Sicht als Vorzugslösung bestätigt. Sie bietet den höchsten Sicherheitsgewinn in Verbindung mit den geringsten baugrundbedingten Ausführungsrisiken. Die genehmigungsrechtlichen Erfordernisse gemäß Abschnitt 4.2 sind zu beachten.

4.2 Erläuterungen

4.2.1 ALLGEMEINES

Die bautechnische Prüfung betrifft die Standsicherheitsnachweise und die Konstruktion der bahnbetrieblichen Anlagen, maßgeblich vor einem geotechnischen Hintergrund. Grundlage der geotechnischen Fachprüfung "Erd- und Grundbau" ist die DB-Richtlinie (Ril) 836 in der aktuellen Fassung (5. Aktualisierung vom 01.07.2018) sowie die mitgeltenden Regelwerke und Referenznormen gemäß ELTB 01/2016. Maßgebend für die Sicherung von Lockergesteinsböschungen sind das Modul 836.4102 und dessen Anhang A01.

Nach dem geotechnischen Bericht [U 1] schneidet der bahnlinks zu sichernde Streckenabschnitt bis zu 26 m tief in quartäre Sedimente, im oberen Drittel bestehend aus grob- und gemischtkörnigen Schmelzwassersanden/-kiesen und darunter aus feinkörnigen Ablagerungen der Würmeiszeit. Die an der Quartärbasis anstehenden tertiären Ton-/Schluffsteine der Oberen Süßwassermolasse wurden nicht erkundet und haben für die Standsicherheitsbetrachtung keine Bedeutung.

Der Bahnabschnitt befindet sich innerhalb der Erdbebenzone 0 nach DIN EN 1998-1.

Nach [A 1.1] wurden bei der langfristigen Beobachtung der Böschung wiederkehrende Hinweise festgestellt, dass sich die Einschnittsböschung und der Hang nahe dem Grenzgleichgewicht befinden. Bei diesen Beobachtungen ergaben sich keine örtlichen Schwerpunkte für die Hinweise, so dass die gesamte Böschung Bestandteil der geplanten Sicherung ist.

In [U 1] wird der anstehende Baugrund als extrem wasserempfindlich und in Verbindung mit der Böschungsneigung von bis zu 1 : 1,5 als potentiell rutschgefährdet charakterisiert. Diese Einschätzung wurde durch Standsicherheitsuntersuchungen auf der Grundlage des aktuellen Baugrundmodells bestätigt, die im Ergebnis eine nicht ausreichende Standsicherheit der Bestandsböschung ausweisen.

Im Zuge der Vorplanung wurden folgende Sicherungsvarianten für die Böschung betrachtet [A 1.2]:

- Variante 1 (a/b): Böschungsabflachung (ohne/mit Berme)
- Variante 2: HZV-Stützkörper am Böschungsfuß ohne Böschungsabflachung (mit Berme)
- Variante 3: HZV-Stützkörper am Böschungsfuß mit Böschungsabflachung (mit Berme)
- Variante 4: Spundwand am Böschungsfuß mit Böschungsabflachung (mit Berme)

Ergänzend wurden folgende, zusätzliche Varianten (jeweils ohne Abflachung) betrachtet [A 1.3]:

- Variante 5: HZV-Stützkörper und Bohrpfähle am Böschungsfuß (ohne Abflachung)
- Variante 6: HZV-Stützkörper und Bodenvernagelung am Böschungsfuß (ohne Abflachung)

Aufgrund der vollständigen Systemauslastung ohne rechnerische Standsicherheitsreserven wurden die Varianten 1a, 1b und 2 in [A 1.2] verworfen und werden daher im vorliegenden Prüfbericht nicht weiterverfolgt. Die verbliebenen Sicherungsvarianten 3 bis 6 sind grundsätzlich geeignet und daher Gegenstand der weitergehenden statisch-konstruktiven Fachprüfung. Bei den Varianten (3) und (4) werden bautechnische Sicherungen am Fuß der i.M. auf 1 : 2 abgeflachten Böschung (mit 3 m Berme) vorgesehen, bei den Varianten (5) und (6) werden Fußsicherungen ohne Abflachung der Böschungskontur betrachtet.

Nachfolgend werden die o.g. Sicherungsvarianten hinsichtlich ihrer bautechnischen Eignung zur dauerhaften Gewährleistung der Böschungsstabilität bewertet. Dazu werden die bauaufsichtlichen, genehmigungsrechtlichen und normativen Vorgaben sowie bahnspezifische Regelungen der Richtlinie 836 gegenübergestellt und Anforderungen an die Bauausführung betrachtet. Eine wirtschaftliche Wertung wird nicht vorgenommen.

4.2.2 VARIANTE 3: HZV-STÜTZKÖRPER AM BÖSCHUNGSFUß MIT BÖSCHUNGSABFLACHUNG

- **Beschreibung:** Kombination von Variante (1b) und (2)
- **Gesamtstandsicherheit:** max. Ausnutzungsgrad $\mu \leq 94 \%$ (ohne Verkehrslast)
- **Zulassung:** HZ-Verfahren Sidla-Schönberger [Z 1]
- **Ril, Normen:** 836.4102 Abs. 2 (2), 836.4102A01 Abs. 3 (5)
- **UiG/ZiE:** beides notwendig bei Abweichung von Zulassung [Z 1], bei Böschungshöhen > 10m ist UiG erforderlich
- **Planung/Bauausführung:** Eignung HZV muss durch Gutachter für Geotechnik bestätigt werden, Mindestbreite 2 m, statische Bemessung Scheibendicke /-abstand erforderlich, Nachweis äußere Standsicherheit mit Strömungskräften, Probefeld empfohlen, Herstellung nur durch ausreichend qualifizierte Fachfirmen, objektspezifische Arbeitsanweisung und QSP (Festlegung Umfang von Eignungsprüfungen) erstellen, dauerhafte Ableitung von Oberflächenwasser sicherstellen, zusätzliche konstruktive Maßnahmen zur Aufrechterhaltung der Standsicherheit nach 836.4102A01, Abs. 3 (6) beachten.

4.2.3 VARIANTE 4: SPUNDWAND AM BÖSCHUNGSFUß MIT BÖSCHUNGSABFLACHUNG

- **Beschreibung:** Kombination von Variante (1b) mit Spundwand
- **Gesamtstandsicherheit:** max. Ausnutzungsgrad $\mu \leq 94 \%$ (ohne Verkehrslast)
- **Zulassungen:** keine

- **Ril, Normen:** 836.4102 Abs. 2 (2), 836.4102A01 Abs. 3 (3), 836.4302 Abs. 3, DIN EN 1993-5 (Bemessung und Konstruktion), DIN EN 12063 (Ausführung), ZTV-KOR-Stahlbauten (Korrosionsschutz)
- **UiG/ZiE:** bei biegebeanspruchten Tragelementen zur Verdübelung von Böschungen mit dem Ziel der Erhöhung der Standsicherheit erforderlich
- **Bauausführung:** Rammen/Rütteln, Geräteauswahl abhängig von Einbringwiderständen, Proberammung zur Festlegung der Einbringparameter, Gleislage überwachen, geringe Böschungsstabilität berücksichtigen

4.2.4 VARIANTE 5: HZV-STÜTZKÖRPER UND BOHRPFÄHLE AM BÖSCHUNGSFUß

- **Beschreibung:** Kombination von Variante (2) mit Bohrpfahlwand am Böschungsfuß; Böschungsneigung unverändert - keine Abflachung
- **Gesamtstandsicherheit:** max. Ausnutzungsgrad $\mu \leq 92\%$ (mit Verkehrslast)
- **Zulassung:** HZ-Verfahren Sidla-Schönberger [Z 1]
- **Ril, Normen:**
 - HZV: 836.4102 Abs. 2 (2), 836.4102A01 Abs. 3 (5)
 - Bohrpfähle: 836.4102 Abs. 2 (2), 836.4102A01 Abs. 3 (3), 836.4302 Abs. 4, DIN EN 1536
- **UiG/ZiE:**
 - HZV: beides notwendig bei Abweichung von Zulassung [Z 1], bei Böschungshöhen >10m ist UiG generell erforderlich
 - Bohrpfähle: beides erforderlich bei biegebeanspruchten Tragelementen zur Verdübelung von Böschungen mit dem Ziel der Erhöhung der Standsicherheit, bei Abweichungen von der DIN EN 1536, generell bei aufgelösten Pfahlwänden ohne Ausfachung in Lockergesteinsböschungen
- **Bauausführung:** Eignung HZV muss durch Gutachter für Geotechnik bestätigt werden, Mindestbreite 2 m, statische Bemessung Scheibendicke /-abstand erforderlich, Nachweis äußere Standsicherheit mit Strömungskräften, Probefeld empfohlen, Herstellung nur durch ausreichend qualifizierte Fachfirmen, objektspezifische Arbeitsanweisung und QSP (Festlegung Umfang von Eignungsprüfungen) erstellen, dauerhafte Ableitung von Oberflächenwasser sicherstellen, zusätzliche konstruktive Maßnahmen zur Aufrechterhaltung der Standsicherheit nach 836.4102A01, Abs. 3 (6) beachten.

Aufgrund der Gleisnähe können die Pfähle nur mit verrohrten Bohrverfahren hergestellt werden, Platz- und Zeitbedarf während Sperrpausen müssen sichergestellt werden.

4.2.5 VARIANTE 6: HZV-STÜTZKÖRPER UND BODENVERNAGELUNG AM BÖSCHUNGSFUß

- **Beschreibung:** Kombination aus Variante (2) und Bodenvernagelung (mit statisch wirksamer Außenhaut) am Böschungsfuß; Böschungsneigung unverändert - keine Abflachung
- **Gesamtstandsicherheit:** max. Ausnutzungsgrad $\mu \leq 92 \%$ (mit Verkehrslast)
- **Zulassung:** HZV Sidla-Schönberger [Z 1], Bodenvernagelung z.B. System Dywidag [Z 2]
- **Ril, Normen:**
 - HZV: 836.4102 Abs. 2 (2), 836.4102A01 Abs. 3 (5)
 - Bodenvernagelung: 836.4102 Abs. 2 (2), 836.4102A01 Abs. 3 (4), 836.4303 Abs. 6, DIN EN 1997-1, DIN EN 1992-1-1
- **UIG/ZiE:** beides erforderlich bei Abweichungen von der Zulassung [Z 1]
- **Bauausführung:** Eignung HZV muss durch Gutachter für Geotechnik bestätigt werden, Mindestbreite 2 m, statische Bemessung Scheibendicke /-abstand erforderlich, Nachweis äußere Standsicherheit mit Strömungskräften, Probefeld empfohlen, Herstellung nur durch ausreichend qualifizierte Fachfirmen, objektspezifische Arbeitsanweisung und QSP (Festlegung Umfang von Eignungsprüfungen) erstellen, dauerhafte Ableitung von Oberflächenwasser sicherstellen, zusätzliche konstruktive Maßnahmen zur Aufrechterhaltung der Standsicherheit nach 836.4102A01, Abs. 3 (6) beachten.

Bei Einsatz der Bodennägel für dauernde Zwecke (Dauerbodennagel) werkseitiger Korrosionsschutz notwendig, Ermittlung charakteristischer Herauszieh Widerstand in-situ, verrohrtes Bohrverfahren erforderlich, Mindestneigung 10°, max. Abstand 1,5 m; dauerhafte Entwässerung muss sichergestellt werden

5 Prüfbemerkungen

Folgende Prüfbemerkungen und sind bei der weiteren Planung und Bauausführung zu beachten:

- 1a) Die geprüften Nachweise zur Standsicherheit der Böschungssicherungen gelten unter den angesetzten Randbedingungen (insbesondere Geometrie, Baugrundaufbau, Grundwasserverhältnisse, Verkehrsbelastung, Systemelemente etc.). Bei statisch ungünstigen Änderungen oder Abweichungen sind eine Überarbeitung und Anpassung der Planungsunterlagen sowie ggf. erneute statische Nachweise erforderlich.
- 1b) Für die zur Ausführung kommende Sicherungsvariante sind eine prüffähige Statik und entsprechende Planunterlagen aufzustellen und zur Prüfung einzureichen. Den Entwurfs- bzw. Ausführungsunterlagen sind die jeweiligen bauaufsichtlichen Zulassungen bzw. herstellerspezifische Einbaubeschreibungen beizufügen. Bei Verwendung davon abweichender, zugelassener Systeme ist deren statische Gleichwertigkeit nachzuweisen.
- 1c) Die Übereinstimmung der Baugrund- und Grundwasserverhältnisse mit den Annahmen der Bemessung ist im Zuge der Bauausführung durch die geotechnische Fachbauüberwachung zu überprüfen und zu dokumentieren. Bei standsicherheitsrelevanten Änderungen in der Ausführung wird eine erneute Prüffreigabe erforderlich.

6 Unterschriften

Die Prüfung der Antragsunterlagen wird fortgesetzt. Aus geotechnischer Sicht bestehen bei Berücksichtigung der Prüfbemerkungen keine Bedenken hinsichtlich der weiteren Planungsphasen. Bei allen standsicherheitsrelevanten Abweichungen von dem geplanten und geforderten Vorgehen ist der Prüfsachverständige "Erd- und Grundbau" zu beteiligen.

An der Prüfung war beteiligt:

Gutachter für Geotechnik
im Eisenbahnbau

Tätigkeitsbereiche
Erd- und Grundbau
und Felsbau

Nr.: 21/18/2007

anerkannt durch das
Eisenbahn-Bundesamt

.....
Dipl.-Ing. Christian Ernst
Prüfsachverständiger

Unterschrift des Prüfsachverständigen:

Weimar, den 11.12.2018

Gutachter für Geotechnik
im Eisenbahnbau

Tätigkeitsbereiche
Erd- und Grundbau,
Felsbau und
Geokunststoffe
Nr.: 21/18/2013

anerkannt durch das
Eisenbahn-Bundesamt

.....
Prof. Dr.-Ing. Karl Josef Witt
Prüfsachverständiger

Verteiler: DB Netz AG, Regionalbereich Süd, München (Prüfbericht 2-fach)