

Bewertung der Tragfähigkeit der geotechnischen Bauwerke von Bestandsstrecken bei Anhebung von Geschwindigkeit bzw. Achslast

Dr.-Ing. Dirk Wegener (GEPRO Ingenieurgesellschaft mbH)

- 1 Beispiele zur Bewertung geotechnischer Bauwerke
- 2 Bewertung von bestehenden geotechnischen Bauwerken nach Ril 836.7001
- 3 Untersuchungen und Nachweise für bestehende Erdbauwerke
- 4 Untersuchungen und Nachweise für bestehende Durchlässe
- 5 Zusammenfassung und Ausblick

Erhöhung der Streckengeschwindigkeit /Radsatzlast von vorhandenen Bahnstrecken

- Strecke 6100 Hamburg – Berlin (12/2004): Erhöhung von 160 km/h auf 230 km/h
- Strecke 6340 Erfurt – Eisenach (12/2017): Erhöhung von 160 km/h auf 200 km/h
- Strecke 6135 Berlin – Elsterwerda (12/2018): Erhöhung von 160 km/h auf 200 km/h
- Strecke 6107 Hannover – Berlin (Lehrter Stammbahn): Erhöhung von 120 km/h auf 160 km/h
- Strecke 6328 Angermünde – Stettin: Erhöhung von 120 km/h auf 160 km/h
- Strecke 1122 Lübeck – Bad Kleinen: Erhöhung von 120 km/h auf 160 km/h
- Strecke 6932 Schwerin – Rehna: Erhöhung von 60 km/h auf 100 km/h, schwere Batteriezüge
- Strecke 6933 Schwerin – Parchim: Erhöhung von 60 km/h auf 100 km/h, schwere Batteriezüge
- Strecke 6935 Ludwiglust – Parchim: Erhöhung von 60 km/h auf 100 km/h und 21,5 t auf 22,5 t
- Strecke 3677 Nürnberg – Ebensfeld (in Bau): Erhöhung von 160 km/h auf 230 km/h + 4-gleisiger Ausbau
- Strecke 3677 Hanau – Gelnhausen (in Bau): Erhöhung von 160 km/h auf 230 km/h + 4-gleisiger Ausbau
- ...

Grundsatz nach Ril 836.7001 Abs. 2 (1):

Wenn ein Erdbauwerk oder sonstiges geotechnisches Bauwerk ...

- in Gebrauch ist,
- dabei schadenfrei geblieben ist,
- nach Ril 836.8001 instand gehalten wird und
- die künftigen Beanspruchungen nicht höher als die bisherigen sind

darf davon ausgegangen werden, dass es für die weitere Nutzung ausreichend standsicher und ausreichend gebrauchstauglich ist.

- Welche Züge fahren schneller? Treten dadurch höhere statische und dynamische Beanspruchungen auf?
 - Strecke 6100 Hamburg - Berlin (Inbetriebn. 12/2004): Erhöhung von 160 km/h auf 230 km/h (EI 02/2005)
 - Strecke 6340 Erfurt - Eisenach (Inbetriebn. 12/2017): Erhöhung von 160 km/h auf 200 km/h (EI 04+05/2018)
- Kategorisierung auf Basis von Grundsatzuntersuchungen zur bisherigen und künftigen Beanspruchung
- rechnerische Einzelnachweise nur, wenn sich nach Kategorisierung eine Beanspruchungserhöhung ergibt

Tabelle aus Ril 836.7001 A01 (ab 8. Aktualisierung vom 01.05.2022)

Nr.	Zul V	V-Anheb. ¹⁾	RSL	Gesondert zu betrachtende geot. Bauwerke	Untersuchungen und Nachweise
1	≤ 120 km/h (vor Anhebung)	≤ 20 km/h	> 18,5 t ≤ 22,5 t	¹⁾ einmalige Anhebung nach einem erhöhungs-freien Zeitraum von mindestens zwei turnusmäßigen Regelbegutachtungsintervallen (> 12 Jahre)	keine zusätzlichen Untersuchungen
2		≤ 40 km/h	≤ 18,5 t		
4	≤ 200 km/h (nach Anhebung)	≤ 10 %	≤ 22,5 t	- „10 %-Regel“ und „modifizierte 10 %-Regel“	
3	≤ 200 km/h (nach Anhebung)	> 10 % ≤ 20 km/h	≤ 22,5 t	Dämme Bwkl 3 mit $h > 6 \text{ m}$ + Bwkl 2 mit $h > 10 \text{ m}$ Durchlässe Bwkl 3 mit $h_{\text{Ü}} \leq 1,5 \text{ m} + h_{\text{Ü}} \leq d_{\text{a}} > 0,5 \text{ m}$	Sonderinspektionen durch Fb Ebw für gesondert zu betrachtende Bauwerke (Checkliste Böschungen), Bei standsicherheitsrelevanten Auffälligkeiten geot. Bewertung durch EBA-PSV
5		> 10 % ≤ 40 km/h	≤ 18,5 t	Stützbauwerke Bwkl 3 im Außenbogen ($R < 1000 \text{ m}$) und innerhalb des Druckbereiches der Eisenbahn	
6	Abweichend von Zeile 1-5 bzgl. V und RSL		≤ 22,5 t	Geotechnische Bauwerke innerhalb Druckbereich (bei > 200 km/h Stützbereich) der Eisenbahn Durchlässe mit $h_{\text{Ü}} \leq 3,0 \text{ m}$ für $V \leq 120 \text{ km/h}$ Durchlässe mit $h_{\text{Ü}} \leq 4,5 \text{ m}$ für $V \leq 200 \text{ km/h}$ Durchlässe unabhängig von $h_{\text{Ü}}$ für $V > 200 \text{ km/h}$	Bewertung der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit durch EBA-PSV, Stand-sicherheitsuntersuchungen bei Dämmen (Bwkl 3, Bwkl 2 mit $h > 6 \text{ m}$) Untersuchung innere Tragfähigkeit von Stützbauwerken und Querungen Generelle Nachweise für $v > 200 \text{ km/h}$

Allgemeine Voraussetzungen zur Bewertung nach der Tabelle in Ril 836.7001A01

1) schadensfreie Bauwerke im Unterbau

nach Ril 836.8001: Dokumentation im Bauwerksbuch

Untersuchungen (U) für Bwkl 2 und 3 in der Regel alle 3 Jahre durch Anlagenverantwortlichen

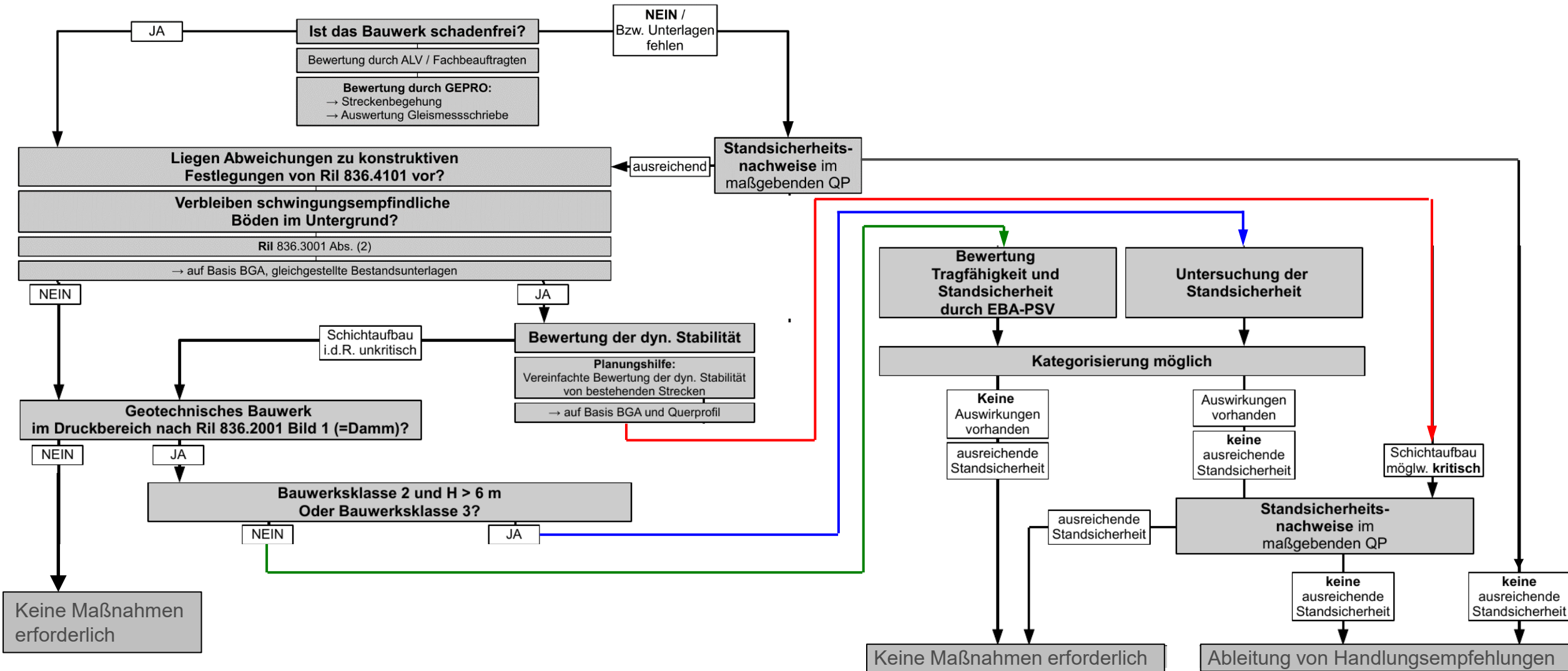
Begutachtung (B) für Bwkl 3 in der Regel alle 6 Jahre durch Fachbeauftragten Erdbauwerke

2) keine schwingungsempfindlichen Böden im Unterbau/Untergrund

Definition in 836.3001 Abs. 5 (2) „Untersuchungen zur dynamischen Stabilität“

- verlagerungsempfindliche Sande mit $U < 2,0$ und $I_D < 0,5$
- bindige Böden mit $I_C < 0,6$
- organische Böden (HN, HZ und F),
- organogene Böden (OU, OT, OH und OK)

Bewertungsschema Erdbauwerke für Geschwindigkeitserhöhung von 120 auf 160 km/h



ABS Hannover – Berlin (Lehrter Stammbahn), Bewertung Erdbauwerke für $v = 160$ km/h

- Bewertung der Schadensfreiheit durch FB Ebw und ALV (Dokumentation in Bauwerksheften)
- Beurteilung durch GEPRO durch Streckenbegehungen



ABS Hannover – Berlin (Lehrter Stammbahn), Streckenbegehung GEPRO 04/2022

ABS Hannover – Berlin (Lehrter Stammbahn), Bewertung Erdbauwerke für $v = 160 \text{ km/h}$

Zustandsdokumentation Erdbauwerke

ABS Hannover - Berlin (Lehrter Stammbahn)
Baustufe 1



Erhöhung der Geschwindigkeit von $v=120 \text{ km/h}$ auf $v = 160 \text{ km/h}$
Strecke 6107, Abschnitt km 82,300 - km 94,400 und km 117,300 - km 146,200

Anlage 1
Bestandsdokumentation

Bestandsdokumentation Erdbauwerke

Allgemeine Angaben	
Kilometer	127,800 - 128,300
Bezeichnung	Geländegleich
Begutachtungsdatum	19.04.2022

Technische Angaben		
	gemäß Unterlagen	gemäß Begutachtung
Art	Geländegleich	Geländegleich
Höhe [m]	0,00	/
Länge [m]	500 m	/
Neigung [mm]	0,00	/
Lichttraumprofil ok ?	ok	

Zustandsbeurteilung & Anmerkungen	
-Zustand in Ordnung	



Abbildung 1: Blick auf das Erdbauwerk. Links: km 127,800, Rechts: km 128,300

Unser Zeichen:
1469-013-BER

Datum:
15. 06. 2022

Seite:
20 von 39

- Die Schadensfreiheit der Erdbauwerke konnte durch Streckenbegehung bestätigt werden
- Keine schwingungsempfindlichen Böden vorhanden
- allgemeiner Zustand der Erdbauwerke ist **sehr gut**

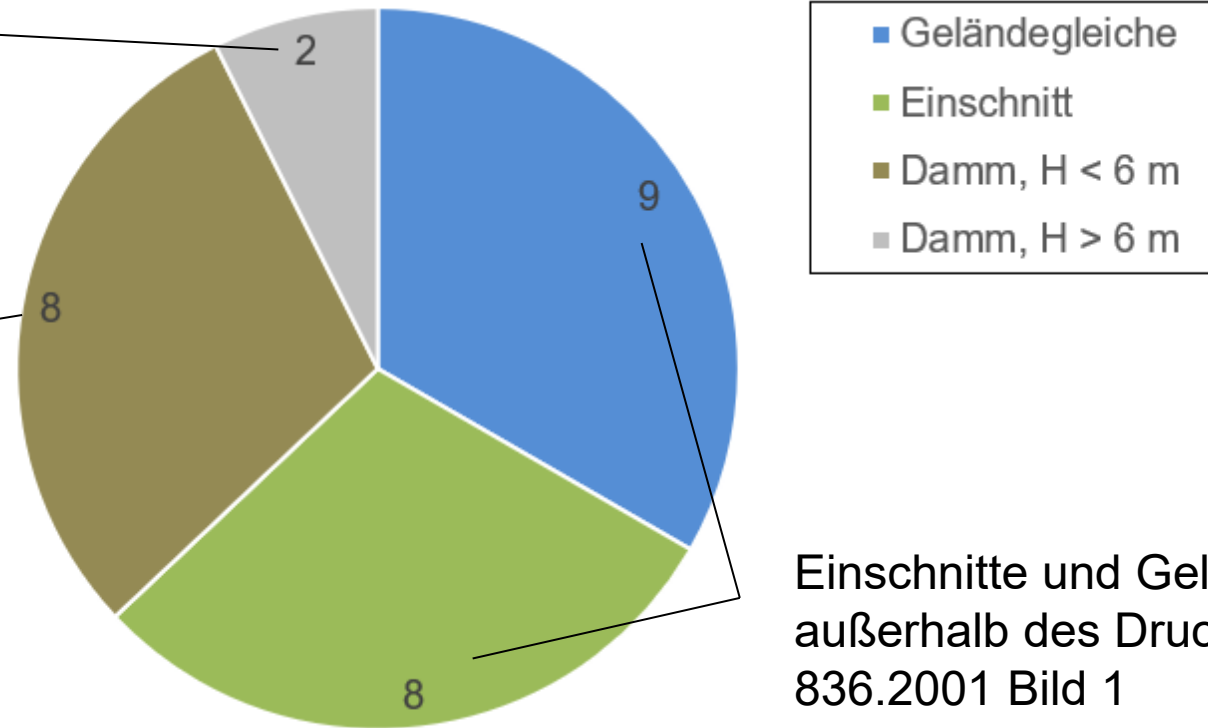
ABS Hannover – Berlin (Lehrter Stammbahn), Bewertung Erdbauwerke für $v = 160$ km/h

Übersicht über die 27 Erdbauwerke

2 Dämme mit $h > 6$ m
Untersuchung der
Standsicherheit erforderlich
→ ausreichend standsicher

8 Dämme mit $h < 6$ m
→ gutachterliche
Bewertung ausreichend

↓
Alle 10 Dämme geeignet für
Geschwindigkeitserhöhung



Einschnitte und Geländegleiche Lage
außerhalb des Druckbereich nach Ril
836.2001 Bild 1

→ keine Auswirkungen aus
Geschwindigkeitserhöhung

ABS Angermünde – Stettin, Auffälligkeiten bei der Streckenbegehung

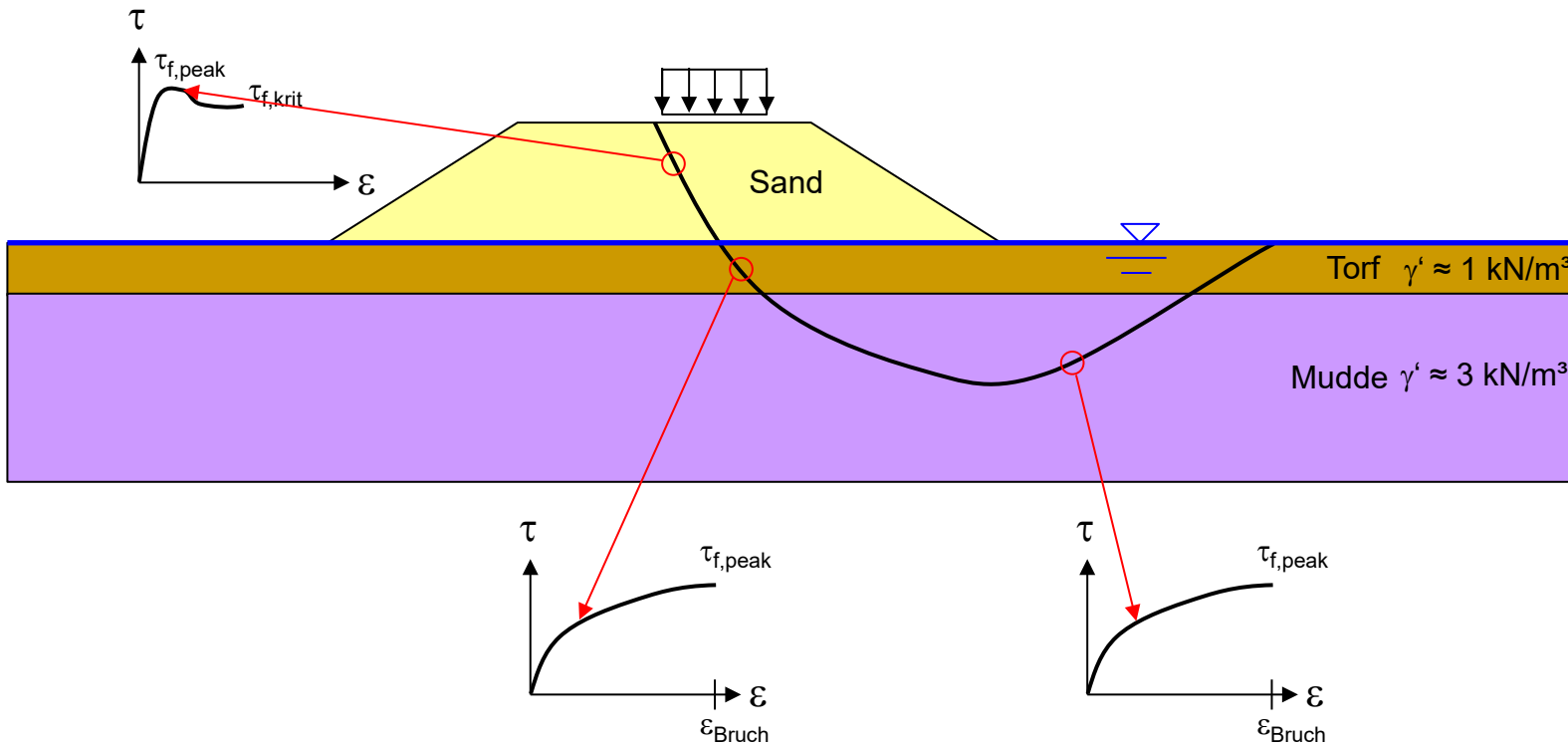


ABS Angermünde – Stettin, Streckenbegehung 03/2014

- Baumschiefstellung,
→ Tragfähigkeitsproblem
- fehlender Randweg,
→ geometrisches Problem
- Schilfbewuchs
→ offensichtlich organische Weichschichten im Untergrund
- Schwellen liegen teilweise frei,
→ dynamisches Problem

Checklisten: Ril 836.7001 A02, A03
– schwingungsempfindliche Böden,
– Böschungen

Besonderheiten bei schwingungsempfindlichen Böden / Weichschichten



→ Allgemeine Voraussetzungen zur Bewertung nach Ril 836.7001A01 nicht gegeben

→ Erfordernis von

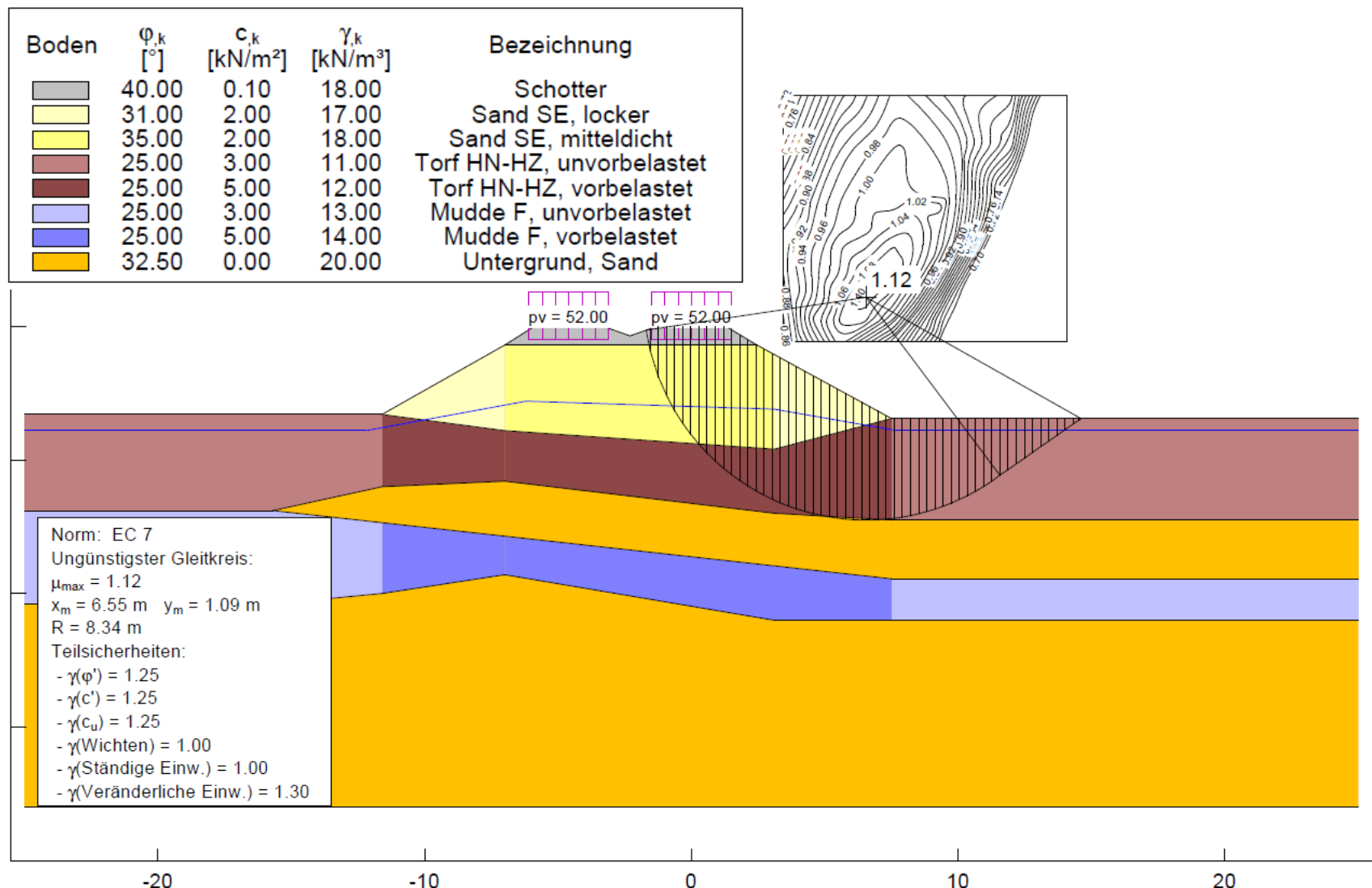
- Tragfähigkeitsnachweisen,
- Bewertung dynamische Stabilität
- Beurteilung Gebrauchstauglichkeit

→ aufgrund geringem Scherwiderstand im oberflächennahen Bereich: tiefe Gleitkreise maßgebend (keine Beurteilung nach Regelböschungsneigung möglich)

→ möglicher Anstieg des Porenwasserdrucks infolge dynamischer Beanspruchung

→ unterschiedlicher Ausnutzung der Scherfestigkeit ($\tau_{f,peak}$) in Abhängigkeit von Verschiebung in Gleitfuge

Nachweis der Tragfähigkeit



Ausnutzungsgrad $\mu = 1.12 \geq 1.00$
→ rechnerische Standsicherheit
nicht gegeben

Gebrauchstauglichkeitsnachweis
(wäre bei ausreichender
Tragfähigkeit zu untersuchen)

Bewertung dynamische Stabilität:
→ dynamisch kritisch

Geometrische Bewertung
→ kein Randweg vorhanden

→ Tiefgründige Ertüchtigung
erforderlich

Bewertung der dynamischen Stabilität



PLANUNGSHILFE

2. Ausgabe Jan. 2018

Eisenbahnstrecken mit Schotteroberbau auf Weichschichten
UNTERSUCHUNGEN ZUR DYNAMISCHEN STABILITÄT

VEREINFACHTE BEWERTUNG DER DYNAMISCHEN STABILITÄT
VON BESTEHENDEN STRECKEN

Herausgeber: DB Netz AG
Tunnel- und Erdbau Technik
(I.NPF 23(T))

Ansprechpartner: Thomas Weber
Tel. 069 / 265 45223

Bearbeitungsdatum: 31.01.2018

PLANUNGSHILFE

3. Ausgabe März 2018

Eisenbahnstrecken mit Schotteroberbau auf Weichschichten
UNTERSUCHUNGEN ZUR DYNAMISCHEN STABILITÄT

RECHNERISCHES VERFAHREN

Auftraggeber: DB Netz AG
Tunnel- und Erdbau Technik
(I.NPF 23(T))

Ansprechpartner: Thomas Weber
Tel. 069 265 45223

Bearbeiter: Dipl.-Ing. (TU) Wolfgang Vogel, c/o DB Netz AG

Dr.-Ing. Dirk Wegener, GEPRO Dresden
Dr.-Ing. Jamal Hleibieh, GEPRO Dresden

Bearbeitungsdatum: 31.03.2018

Die Planungshilfe umfasst 18 Seiten einschließlich 1 Anlage.

Diese Planungshilfe umfasst 61 Seiten einschließlich 10 Anlagen.

Zustandsdokumentation Durchlässe

ABS Hannover - Berlin (Lehrter Stammbahn)
Baustufe 1



Erhöhung der Geschwindigkeit von $v=120$ km/h auf $v = 160$ km/h
Strecke 6107, Abschnitt km 82,300 - km 94,400 und km 117,300 - km 146,200

Anlage 2
Bestandsdokumentation

Bestandsdokumentation Durchlässe

Allgemeine Angaben	
Kilometer	130,250
Bezeichnung	Str. 6185, km 230,896
Tiefenentwässerung	nein
Begutachtungsdatum	20.04.2022

Technische Angaben		
	gemäß Unterlagen	gemäß Begutachtung
Art	Rohr	Rohr
Werkstoff	Stahlbeton	Stahlbeton
lichte Höhe [m]	0,80	0,80
lichte Weite [m]	0,80	0,80
Wandstärke [mm]	100	100
Überdeckung [m]	2,40	plausibel

Zustandsbeurteilung & Anmerkungen

- Zustand in Ordnung
- nicht wasserführend
- mit PKW erreichbar



Abbildung 1: Stirnbauwerk des Durchlasses.



Abbildung 2: Blick in den Durchlass.

- Schadensfreiheit der Durchlässe wurde bestätigt
- Durchlässe mit $h_{\text{Ü}} > 4,5$ m → für 160 km/h geeignet
- Durchlässe mit $h_{\text{Ü}} \leq 4,5$ m → Tragfähigkeits- und Ermüdungsnachweise notwendig, dazu sind Material- und Querschnittskennwerte erforderlich!

Bauwerksuntersuchung

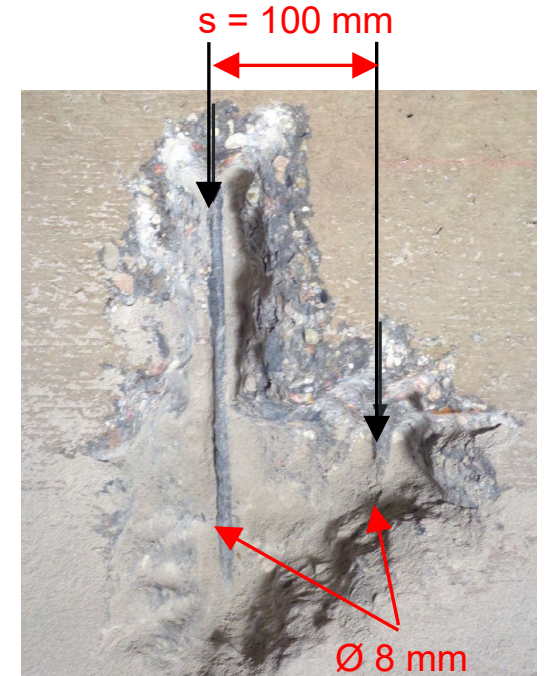
Bestandsdurchlass Stahlbeton DN 1200
auf Strecke 1122 (Lübeck – Bad Kleinen)
keine Angaben zur Bewehrung, Betongüte



Erkundung Bewehrung mit Bewehrungssuchgerät
und punktuelles Freilegen



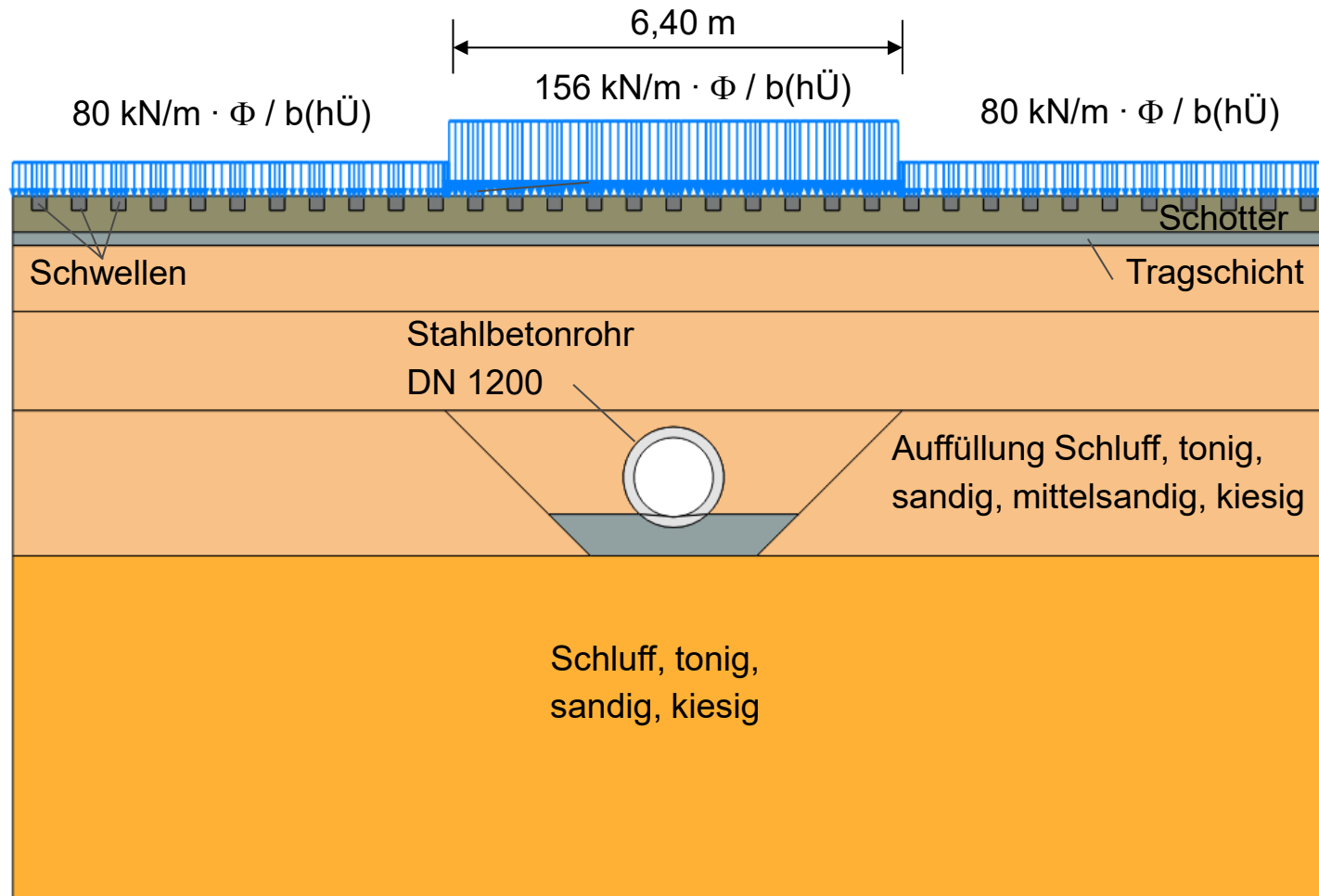
Kernbohrung im Betonrohr → für Probenahme
Betonzylinder zur Ermittlung Druckfestigkeit



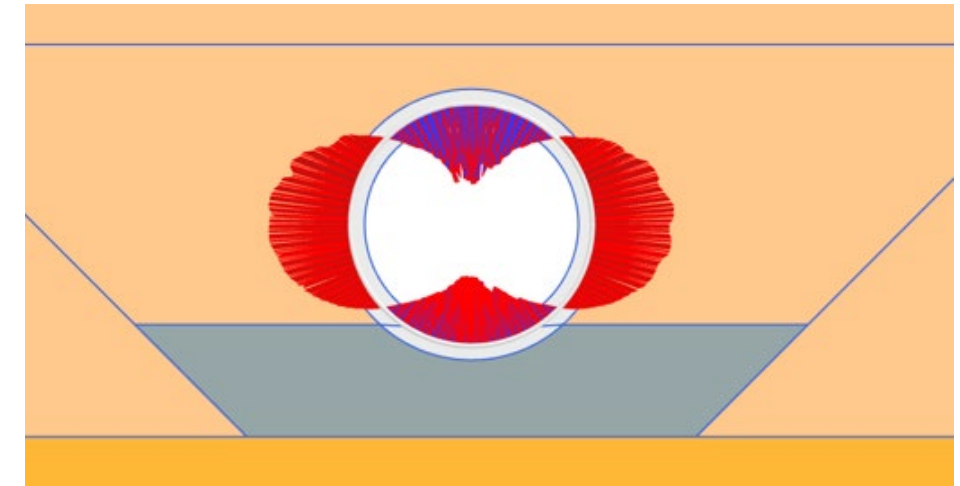
Ermittlung Betondeckung, Be-
wehrung ($\varnothing 8/100 = 5,03 \text{ cm}^2/\text{m}$)
Karbonatisierungstiefe



2D-FE-Modell mit Belastung, Oberbau, Baugrundsichtung, Durchlass



Schnittkraftermittlung, z. B. Biegemomente



Bending moments M (scaled up 0,0500 times)

Maximum value = 9,044 kN m/m

Minimum value = -9,269 kN m/m

→ allgemeine Spannungsnachweise nach EC 2 / DIN 1045-1, Ermüdungsnachweis für 1×10^8 Lastwechsel

- ▶ Bewertung geotechnischer Bauwerke kann nach Ril 836.7001 vorgenommen werden
- ▶ Untersuchungsumfang abhängig von Geschwindigkeit v , Δv und Radsatzlast
→ Übersichtstabelle in Ril 836.7001 A01
- ▶ Voraussetzungen:
 - Bauwerk schadenfrei
 - keine schwingungsempfindlichen Böden im Untergrund
- ▶ Wenn Voraussetzungen nicht gegeben oder Bauwerke nach Tabelle in Ril 836.7001 A01 gesondert zu betrachten sind:
→ objektkonkrete Nachweise für einzelne geotechnische Bauwerke

