

Einsatz von Geokunststoffen auf der DB-Strecke Knappenrode-Horka

Empfehlung zur Einführung einer neuen Regelbauweise im Eisenbahnbau

Ausbau und Elektrifizierung
Knappenrode-Horka-Grenze D/PL, BA 2.2

am Projekt Beteiligte:

DB Netz AG, Großprojekt, Bauherr
ARGE BA 2.2
ausführender Tiefbauer: Mütze & Rätzel

Vortrag:

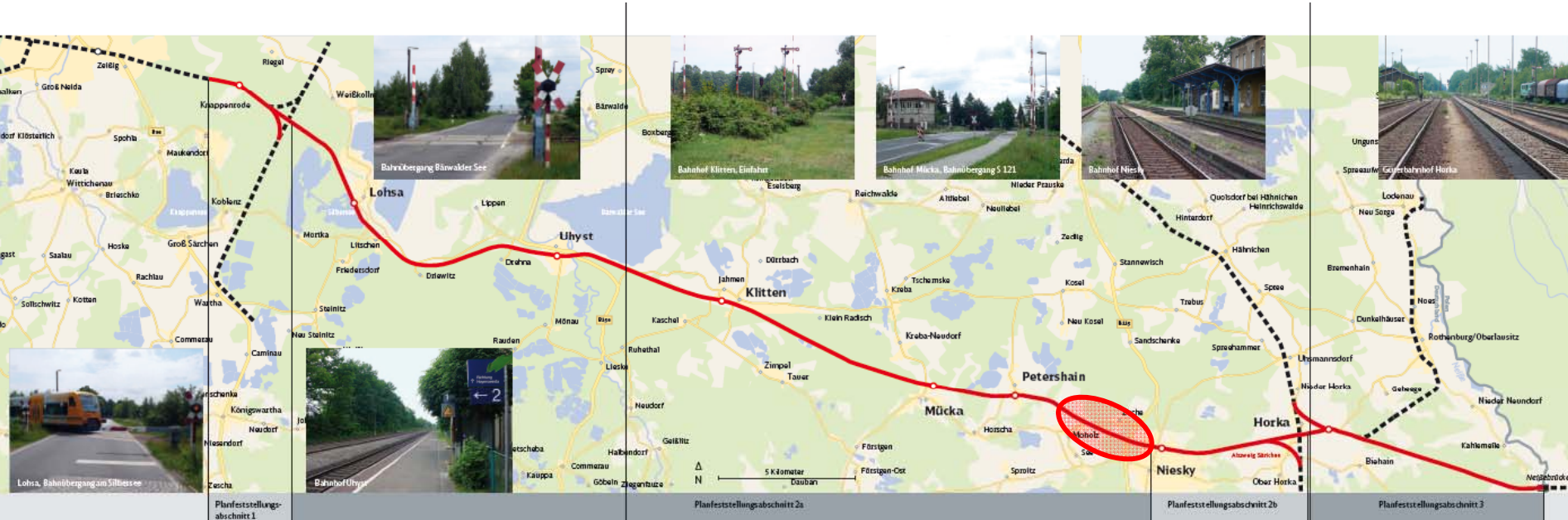
(Holger Braune - DB Netz AG)
Clemens Haase - GEPRO
Andreas Reiche - Mütze & Rätzel

- 1 Projekt Knappenrode-Horka-Grenze D/PL
- 2 Bauweise - Vorbereitung der Baumaßnahme
 - 2.1 Herausforderung / Problemstellung und Lösungsansatz
 - 2.2 Vorgaben Regelwerk
- 3 Planungs- und Genehmigungsprozess
 - 3.1 Konstruktive Umsetzung
 - 3.2 Nachweis der Tragfähigkeit
 - 3.3 Genehmigung
- 4 Baudurchführung
 - 4.1 Eindrücke von der Baustelle
 - 4.2 Herausforderungen und Erfahrungen
- 5 Fazit und Ausblick

Übersicht

- Streckenlänge 52 km
 - Wiederaufbau zweites Gleis und Elektrifizierung
 - Ausbau auf Streckengeschwindigkeit $v_e = 160 \text{ km/h}$
 - u. a. Um- / Neubau 31 Eisenbahnbrücken, 3 Straßenbrücken, Bahnstromversorgung, ESTW
 - Bauabschnitt BA 2.2 von km 28,500 bis km 61,6+1500
- ⇒ Neubau gegitterbewehrtes Bodenpolster km 29,500 - km 30,800 (1 von 3 Abschnitten)

↳ Ertüchtigung Ober- / Unterbau mit Erdbauwerken



Darstellung DB AG

Übersicht



Strecke vor dem Umbau bei km 30,800



Strecke kurz vor Fertigstellung bei km 30,800



Darstellung DB AG

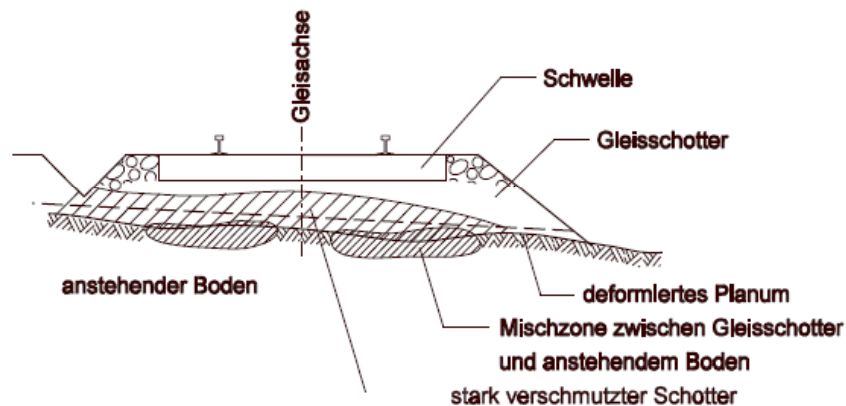
- 1 Projekt Knappenrode-Horka-Grenze D/PL
- 2 Bauweise - Vorbereitung der Baumaßnahme
 - 2.1 Herausforderung / Problemstellung und Lösungsansatz
 - 2.2 Vorgaben Regelwerk
- 3 Planungs- und Genehmigungsprozess
 - 3.1 Konstruktive Umsetzung
 - 3.2 Nachweis der Tragfähigkeit
 - 3.3 Genehmigung
- 4 Baudurchführung
 - 4.1 Eindrücke von der Baustelle
 - 4.2 Herausforderungen und Erfahrungen
- 5 Fazit und Ausblick

Defizite des Bodens - allgemein

- keine Aufnahme von Zugkräften
- begrenzte Scherfestigkeit, Erosion



- Vermischungen, Durchdringungen, Verformungen



(Objektkonkrete) Herausforderung und Lösungsansatz

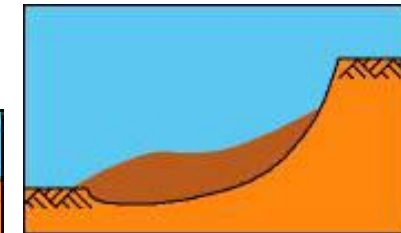
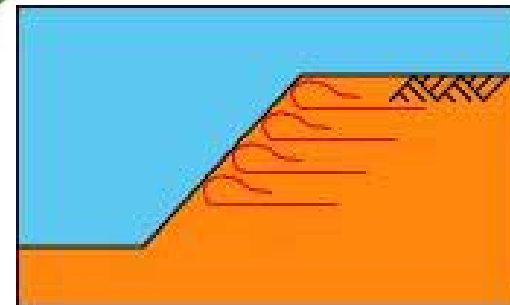
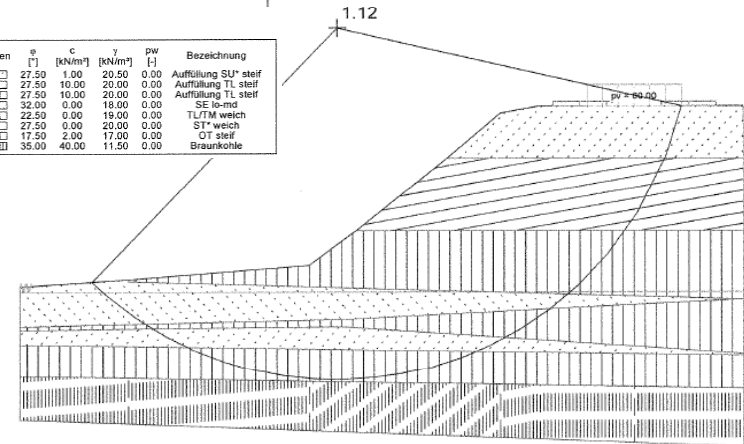
- zu geringes Tragfähigkeitsniveau des Damms sowohl im Ausgangszustand als auch im geplanten Endzustand
- Vergrößerung der Planumsbreite
- Empfehlung des Baugrundgutachters:
 - Teilabtrag vorhandener Damm
 - mechanische Bodenverbesserung Abtragssohle
 - Wiederaufbau mit geeignetem Boden GW, GI, GU
 - **Einbau geogitterbewehrtes Bodenpolster**



IBES Freiberg GmbH
Brander Straße 9
09599 Freiberg
Tel.: 03731 / 79 89 0

Standsicherheitsberechnung
Bahndamm km 29,50 bis km 30,80
Profil km 30,10 / bl

Boden	ϕ [°]	c [kN/m²]	γ [kN/m³]	δw [-]	Bezeichnung
[Symbol]	27,50	1,00	20,50	0,00	Auffüllung SU* steif
[Symbol]	27,50	10,00	20,00	0,00	Auffüllung TL steif
[Symbol]	27,50	10,00	20,00	0,00	Auffüllung TL steif
[Symbol]	32,00	0,00	18,00	0,00	SE lo-md
[Symbol]	22,50	0,00	19,00	0,00	TU/TM weich
[Symbol]	27,50	0,00	20,00	0,00	ST* weich
[Symbol]	17,50	2,00	17,00	0,00	OT steif
[Symbol]	35,00	40,00	11,50	0,00	Braunkohle

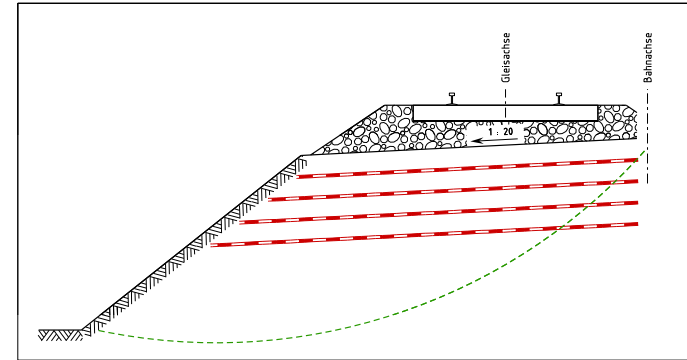
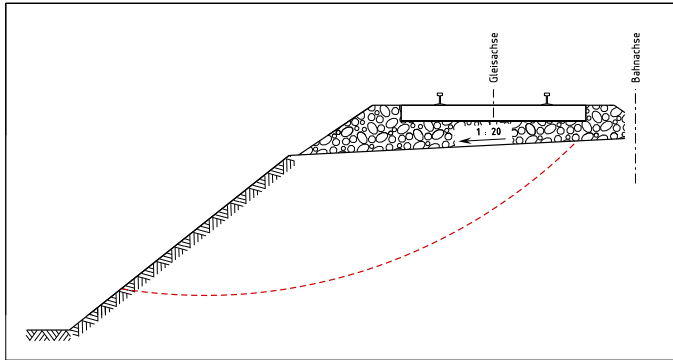


- Erhöhung der Tragfähigkeit des Bestandsdammes ⇒ Einbau statisch wirksamer Geogitter
- ⇒ Bodenpolster mit Bewehrungen

Bodenpolster mit Bewehrung

(6) Geokunststoffbewehrte Bodenpolster unterhalb von Schutzschichten mit statisch zur Lastverteilung oder zur dynamischen Stabilisierung wirksamen Geokunststoffen dürfen **nur mit UiG und ZiE** hergestellt werden.

Auszug Ril 836.4202 Abs. 2 (6)

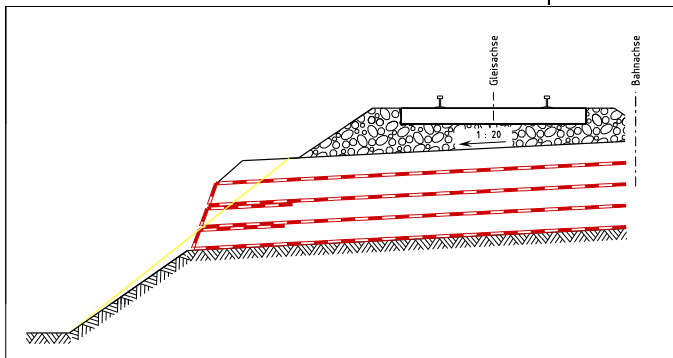


- Verbreiterung des Planums / der Dammkrone ⇒ Herstellen „übersteile“ Böschung mit Frontelementen
- ⇒ Geogitterbewehrter Stützkörper

Einsatzbedingungen

(2) Geogitterbewehrte Stützkörper für dauernde Zwecke dürfen **nur mit Unternehmensinterner Genehmigung der DB Netz AG und Zustimmung im Einzelfall des EBA** eingesetzt werden.

Auszug Ril 836.4303 Abs. 4 (2)



- statische Nachweise gemäß DIN 1054 / EC 7 und EBGEO
- Herstellerbezogene Produktqualifikation (HPQ)
⇒ geregelt Bauprodukt

aber

**Bauweise nur mit
UiG der DB Netz AG und
ZiE des Eisenbahn-
Bundesamtes**

Nr.	Anwendungsfall (AF)	Zulassung Bauprodukt	Bauweise		
3.3	Filterelement in Entwässerungsanlagen des Bahnkörpers	HPQ gemäß TM 2014-10592 I.NVT4 der DB Netz AG für jeweiligen AF (Übereinstimmung mit DBS 918 039)	Regelbauweisen nach Ril 836		
3.4	Trenn- und Filterelement unter Tragschichten				
3.5	Bewehrungselement mit zusätzlicher Trenn- und Filterwirkung (ohne rechnerischen Ansatz)				
3.6	Bewehrungselement in Tragschichten (ohne rechnerischen Ansatz)				
3.7	Isotropes Bewehrungselement in Erdbauwerken (mit rechnerischem Ansatz)		HPQ gemäß TM 2014-10592 I.NVT4 der DB Netz AG für jeweiligen AF (Übereinstimmung mit DBS 918 039)	UiG und ZiE gemäß Ril 836.4202	
3.8	Anisotropes Bewehrungselement in Erdbauwerken (mit rechnerischem Ansatz)				
3.9	Extrem anisotropes Bewehrungselement in Erdbauwerken (mit rechnerischem Ansatz)			Regelbauweise gemäß Ril 836.4302	
3.10	Dränelement mit hoher Alkalibeständigkeit für die Entwässerung von Hinterfüllbereichen				
3.11	Abdichtungselement in Erdbauwerken (Tondichtungsbahn)				Regelbauweise nach Ril 836.0509 bei Beteiligung SVfGT
3.12	Abdichtungselement in Erdbauwerken (Kunststoffdichtungsbahn)				
3.13	Schutzelement für Tondichtungs- und Kunststoffdichtungsbahnen in Erdbauwerken			Regelbauweise gemäß Ril 836.0509	
3.14	Vliesstoffe zur Planumsverbesserung zum Einsatz im Bestandsnetz (Einbau direkt unter Schotter)				Regelbauweise gemäß TM 2013-256 I.NVT4

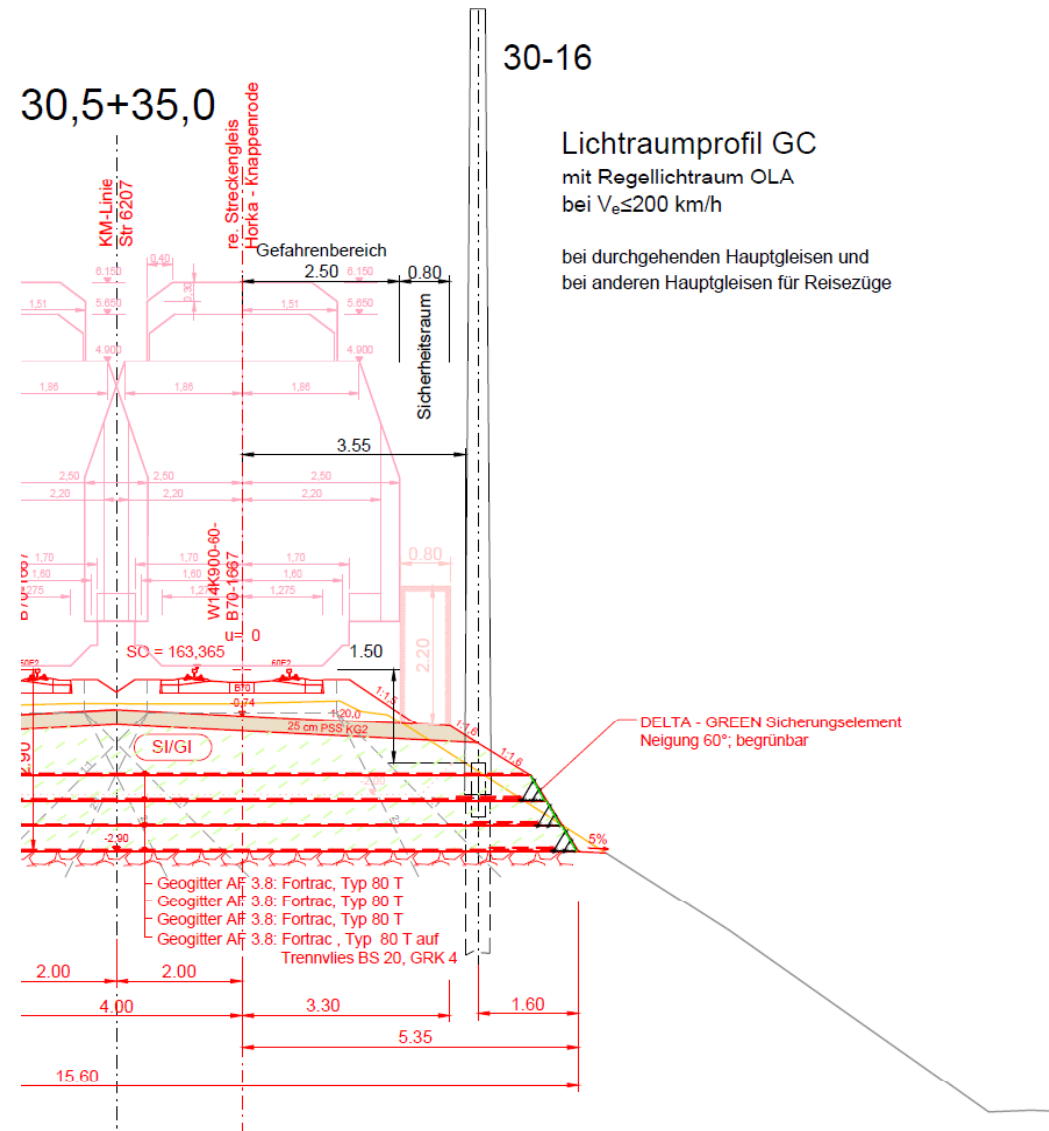
Legende:

Objekt konkreter Anwendungsfall
Regelbauweise
Regelbauweise mit Einschränkungen
Bauweise nur mit UiG und ZiE

- 1 Projekt Knappenrode-Horka-Grenze D/PL
- 2 Bauweise - Vorbereitung der Baumaßnahme
 - 2.1 Herausforderung / Problemstellung und Lösungsansatz
 - 2.2 Vorgaben Regelwerk
- 3 Planungs- und Genehmigungsprozess
 - 3.1 Konstruktive Umsetzung
 - 3.2 Nachweis der Tragfähigkeit
 - 3.3 Genehmigung
- 4 Baudurchführung
 - 4.1 Eindrücke von der Baustelle
 - 4.2 Herausforderungen und Erfahrungen
- 5 Fazit und Ausblick

... am Beispiel von Querprofil km 35,535

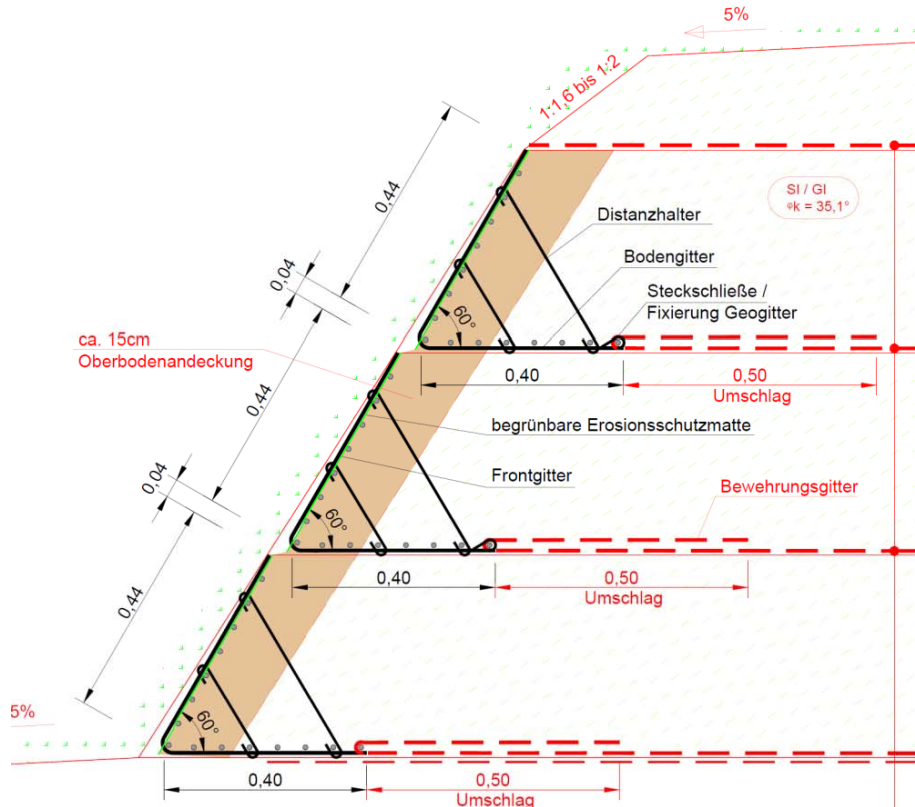
- ▶ Einbau von bis zu 4 Geogitterlagen quer zur Streckenachse
- ▶ Geogitter Fortrac 80 T der Fa. Huesker Synthetic GmbH mit Nennzugfestigkeit 80 kN/m (md) / 20 kN/m (cmd), Maschenweite 25 x 25 mm, Rollenbreite 5 m
- ▶ aufgrund „übersteiler“ Böschung mit Frontelementen DELTA-GREEN 60° mit begrünbarer Erosionsschutzmatte (Kokosfasern und Stroh) und
- ▶ Füllboden GW / GI / SW / SI mit $\phi \geq 35^\circ$
- ▶ vor Einbau des geogitterbewehrten Bodenpolsters mechanische Bodenverbesserung der Abtragsebene



Detail Frontelemente (Delta Green) und Verlegeplan

Detail DELTA-GREEN Element

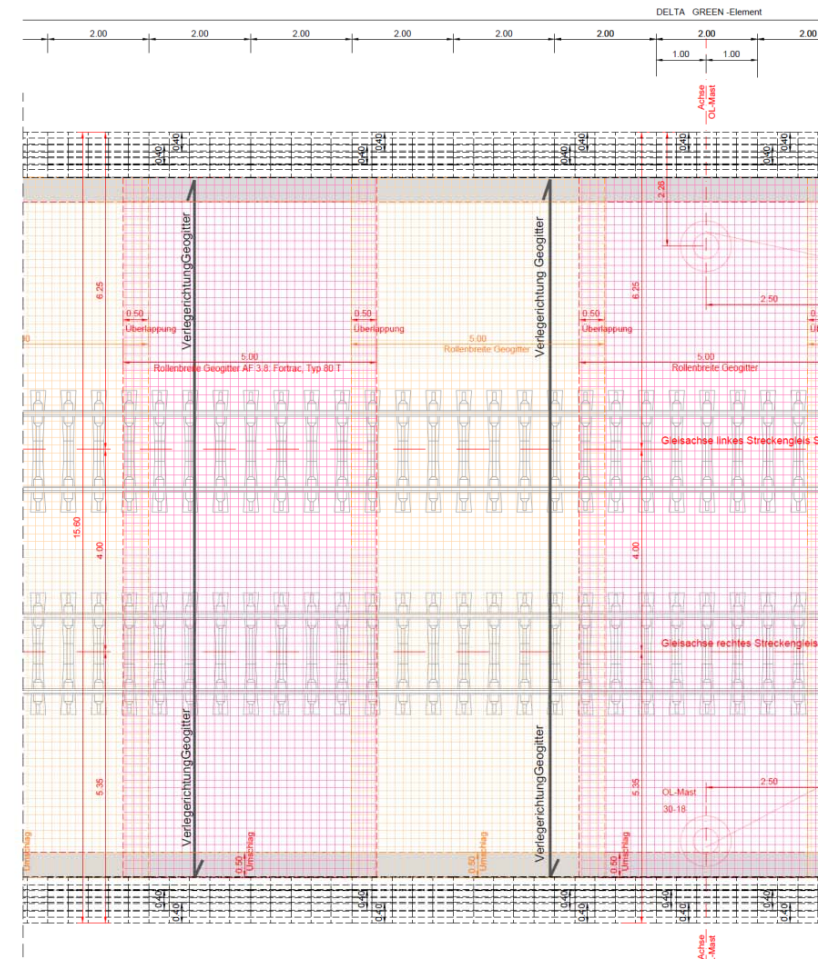
M 1 : 5



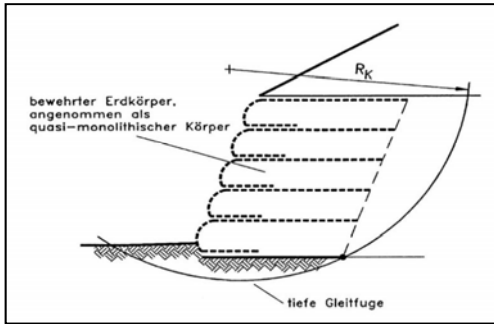
- Geogitter AF 3.8: Fortrac, Typ 80 T
- Geogitter AF 3.8: Fortrac, Typ 80 T
- Geogitter AF 3.8: Fortrac, Typ 80 T
- Geogitter AF 3.8: Fortrac, Typ 80 T
- auf Trennvlies BS 20, GRK 4

Draufsicht - Verlegung Geogitter, obere Lage

M 1:50

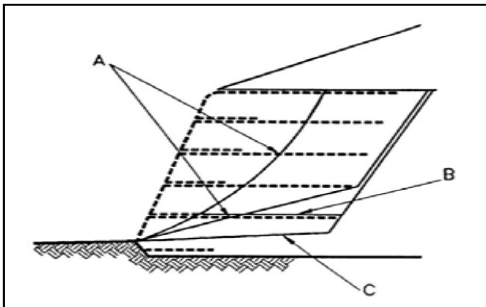


Nachweis äußere Tragfähigkeit

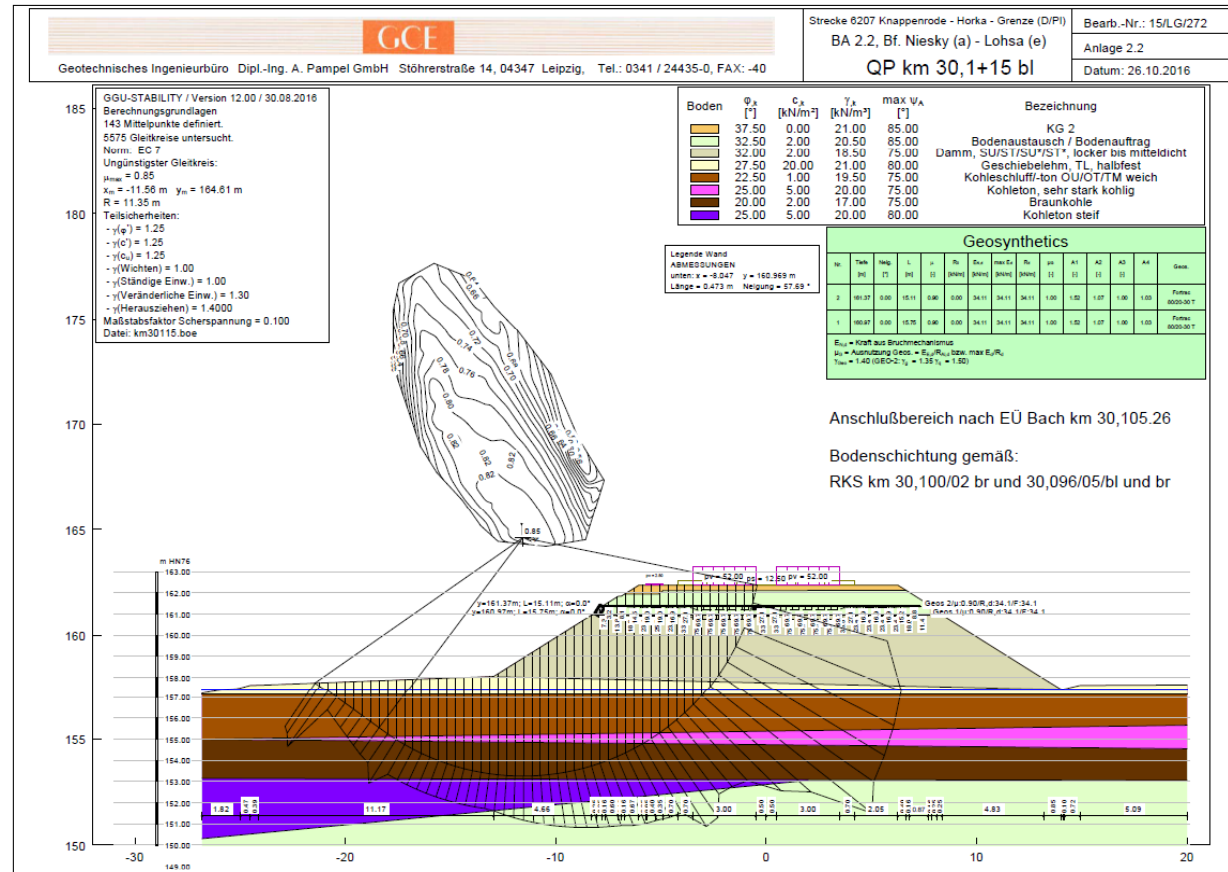


- Geländebruch / Böschungsbruch
- Grundbruch
- Gleiten und Kippen

Nachweis innere Tragfähigkeit



- Bruch d. Bewehrung / Bemessungsfestigkeit
- Herausziehen der Bewehrung
- Nachweis Anschlüsse und Frontausbildung



Herausforderungen beim Genehmigungsprozess

- Planungsunsicherheit durch fehlende Vorgaben für eine Regelbauweise
- erheblicher Zeitaufwand für Vorbereitung und Prüfung zur Erlangung der Zustimmung im Einzelfall durch Eisenbahn-Bundesamt EBA und Unternehmensinterne Genehmigung durch die DB Netz AG
 - ⇒ nur möglich durch frühzeitige Planung und Beantragung
- nur schwer vorhersehbare Auflagen aus UiG und ZiE aufgrund ergebnisoffener Prüfungen
- umfangreiche Auflagen und Forderungen aus UiG und ZiE
- Herausforderung bei der Ausschreibung und ungünstiger Preis aufgrund der festgelegten Materialien aus UiG und ZiE
- Umstellung des Geogitterproduktes zwischen UiG / ZiE und Bauausführung
- Erfüllung zahlreicher Forderungen durch bauausführendes Unternehmen (Baustellenversuche) vs. kurze Zeit zwischen Beauftragung und Bauausführung sowie kurze Bauzeit



- 1 Projekt Knappenrode-Horka-Grenze D/PL
- 2 Bauweise - Vorbereitung der Baumaßnahme
 - 2.1 Herausforderung / Problemstellung und Lösungsansatz
 - 2.2 Vorgaben Regelwerk
- 3 Planungs- und Genehmigungsprozess
 - 3.1 Konstruktive Umsetzung
 - 3.2 Nachweis der Tragfähigkeit
 - 3.3 Genehmigung
- 4 **Baudurchführung**
 - 4.1 **Eindrücke von der Baustelle**
 - 4.2 **Herausforderungen und Erfahrungen**
- 5 **Fazit und Ausblick**

Aufstellen der Frontelemente mit Einbau Distanzhalter und Anbringen Erosionsschutzmatten



Frontelemente / Verbinden Geogitter



Ausrollen Geogitter



Aussparungen für nachträgliche Einrammen der Gründungen



Einbau Füllboden



Einbau Füllboden



Einbau Mutterbodenkeil / Füllboden



Detail Anbindung



Beginnende Begrünung der untersten Lage



Unterschiedliche Begrünungszustände entsprechend Baufortschritt



Terminzwänge - Lückenschluss EÜ km 30,4



Überblick nach Fertigstellung



▶ Erosion

- Erosionsschäden aufgrund von Starkregenereignissen
 - ⇒ Ausführung möglichst flacher Böschungsneigungen
 - ⇒ unmittelbarer und fachgerechter Erosionsschutz der gefährdeten Böschungen

▶ Begrünung der Frontelemente

- abschnittsweise ungenügende Begrünung der Frontelemente mit Zusatzaufwand für Anwuchspflege
 - ⇒ sorgfältige Herstellung Mutterbodenkeil hinter der Erosionsschutzmatte
 - ⇒ standortgerechte Auswahl Saatgutmischung für kurzhalbige Gräser
 - ⇒ umgehende Bewässerung der aufgehenden Saat
 - ⇒ regelmäßiges Mähen und Belassen des Mahdgutes auf der Böschung

▶ Aussparungen der Geogitter für nachträgliches Einbringen der Gründungen z. B. für OL-Maste

- ⇒ Ausführen Proberammungen
- ⇒ ausreichende Überdeckung der Geogitterlagen und größtmöglicher Abstand der Einbauten von der Böschungsschulter

▶ Auflagen aus UiG und ZiE

- Zeitaufwand für Durchführung der beauftragten Baustellenversuche
 - ⇒ Einführung als Regelbauweise mit entsprechenden Vorgaben

- 1 Projekt Knappenrode-Horka-Grenze D/PL
- 2 Bauweise - Vorbereitung der Baumaßnahme
 - 2.1 Herausforderung / Problemstellung und Lösungsansatz
 - 2.2 Vorgaben Regelwerk
- 3 Planungs- und Genehmigungsprozess
 - 3.1 Konstruktive Umsetzung
 - 3.2 Nachweis der Tragfähigkeit
 - 3.3 Genehmigung
- 4 Baudurchführung
 - 4.1 Eindrücke von der Baustelle
 - 4.2 Herausforderungen und Erfahrungen
- 5 **Fazit und Ausblick**

Bisher sehr gute Erfahrungen bei mehreren Bauvorhaben

- sehr viele positive Erfahrungen im Straßenbau im In- und Ausland
- ausschließlich positive Erfahrungen bei der Eisenbahn mit uneingeschränkter Gebrauchstauglichkeit und Tragfähigkeit;
jedoch aufgrund des Planungs-, Baukosten- und Bauzeitrisikos infolge der vorhandenen Restriktionen nur wenige Bauvorhaben
- neue Bauvorhaben bei der Eisenbahn aufgrund o. g. Unsicherheiten nur schwer vermittelbar trotz zahlreicher Vorteile: geringe Baukosten, günstige Ökobilanz, Nutzung örtlich vorhandenen Böden als Baumaterial (wenige Materialtransporte), geringer Eingriff in Schutzgüter, naturnaher Endzustand, Herstellung mit üblicher Erdbautechnik



Ausblick

Erfahrungen des aktuellen Bauvorhaben PKH - BA 2.2

- ▶ positiven Erfahrung mit den beschriebenen Herausforderungen
- ▶ weiterer Erfahrungszuwachs durch Messprogramm mit geodätischen Messungen und Inklinometermessungen
- ▶ umfassende Bewertung nach Aufnahme des Regelbetriebes durch Kontrolle der Gleislage und des Instandhaltungsaufwandes

Empfehlung zur Einführung als Regelbauweise

- ▶ mehrfach bewährte Bauweise mit positiven Erfahrungen (u. a. durch aktuelles Bauvorhaben)
- ▶ deutliche Erhöhung der Planungs- und Projektkostensicherheit
- ▶ Reduzierung des Zeit-, Kosten- und Prüfaufwandes
- ▶ Umsetzung deutlich von mehr Bauvorhaben ⇒ Einsparung von Kosten + Schonung von Ressourcen

Schritte zur Gewährleistung einer qualitativ hochwertigen Realisierung

- ▶ Regelbauweise mit entsprechenden Vorgaben für Planung und Bauausführung („Arbeitsanweisung“)
- ▶ Einbau geeigneter Geokunststoffe mit HPQ für entsprechenden Anwendungsfall
- ▶ Bauausführung durch präqualifiziertes Bauunternehmen

Vielen Dank
für Ihre Aufmerksamkeit!