

Geogitterbewehrte Stützkonstruktionen im Eisenbahnbau

Klaus Lieberenz
Steffen Großmann
Claus Göbel

- 1 Bauweise der bewehrten Erde
- 2 Regelungen zur Anwendung bei der Bahn
- 3 Erfahrungen bei der Anwendung
- 4 Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit
- 5 Fazit

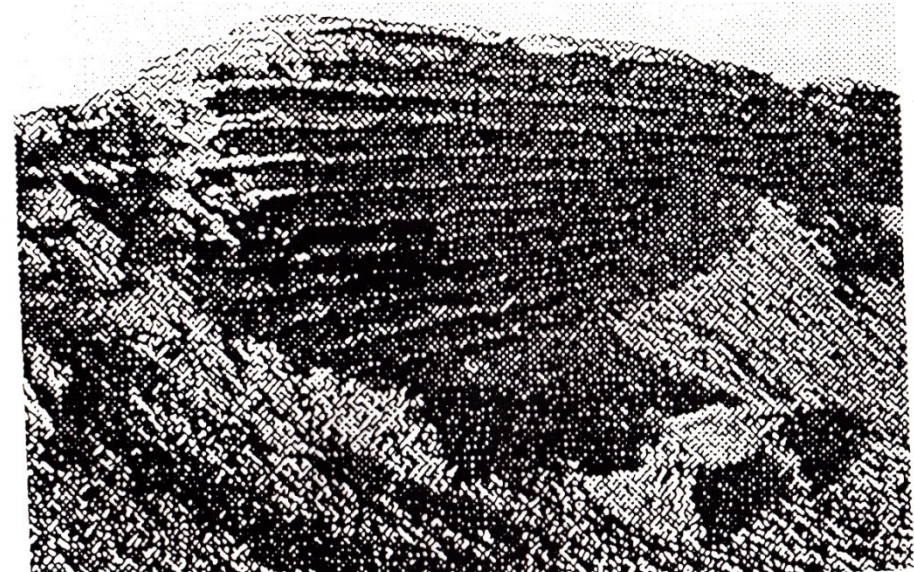
Beispiele Altertum

mit Naturmaterialien



Der Turm zu Babel

ca. 2000 v. Chr.



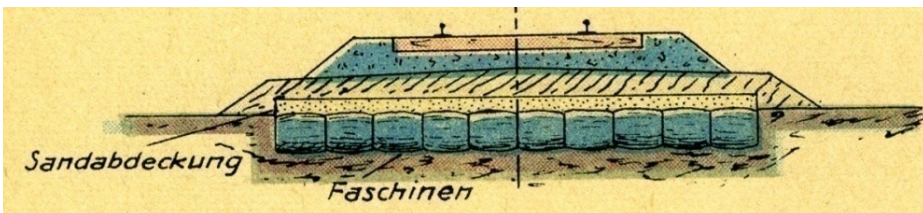
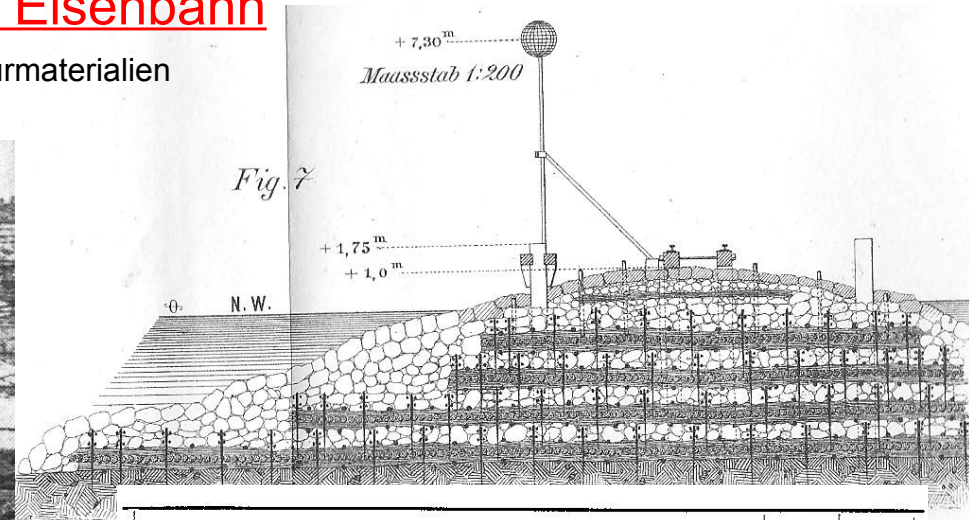
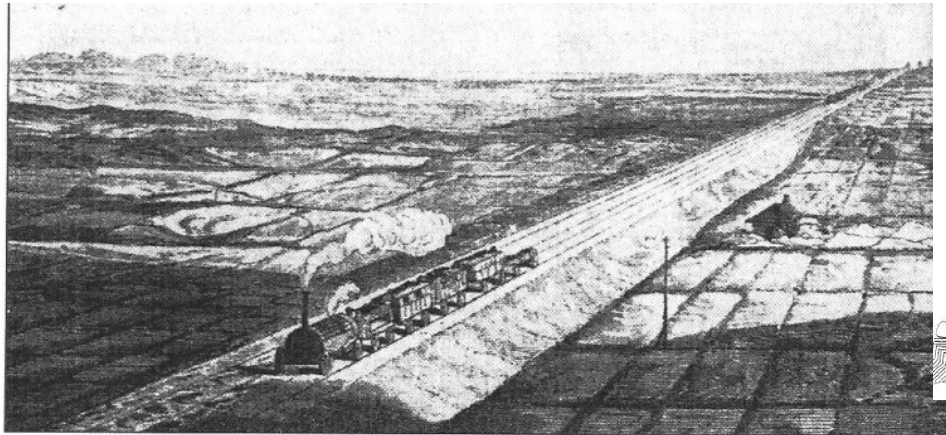
Schilfverstärkte Erdwälle,
Chinesische Mauer, Han-Dynastie

ca. 100 v. Chr.

1. Bauweise der bewehrten Erde

Beispiele Eisenbahn

mit Naturmaterialien



Überquerung des Chat Moors mit auf Faschinen schwimmendem Damm

ca. 1828

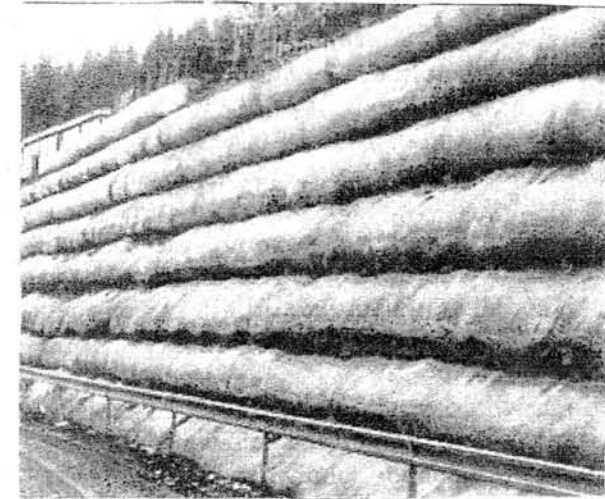
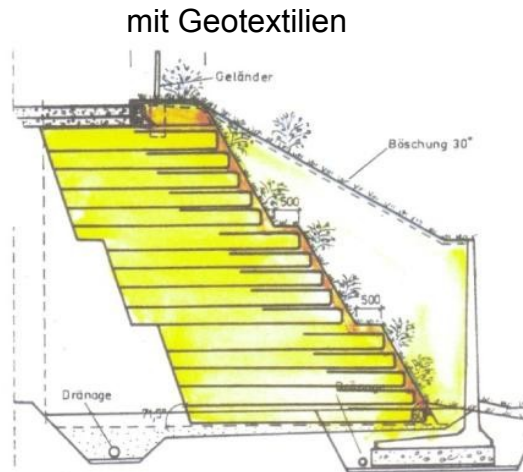
	fl.	kr.
1 Kubikmeter Faschinenwerk	4	50
1 Tonne Basalt-Ballast	14	—
1 Tonne Massstein	15—30	—
1 Tonne Ziegelstein	7	—
1 Kubikmeter Eichenholz, roh bearbeitet	65	—
1 Kubikmeter Eichenholz, scharfkantig	100	—
1 Currentmeter Eichenrammpfähle, 3—5 Meter lang, nebst Einräumen	3	50
1 Currentmeter Eichenpfähle, 5—10 Meter lang, nebst Rammlohn	7	—
100 Stück Birkenpföcke nebst Einschlagen	32	—

Gründung eines Bahndammes von Rotterdam zur See mit Versenkstücken aus Faschinen und Steinschüttungen

ca. 1860

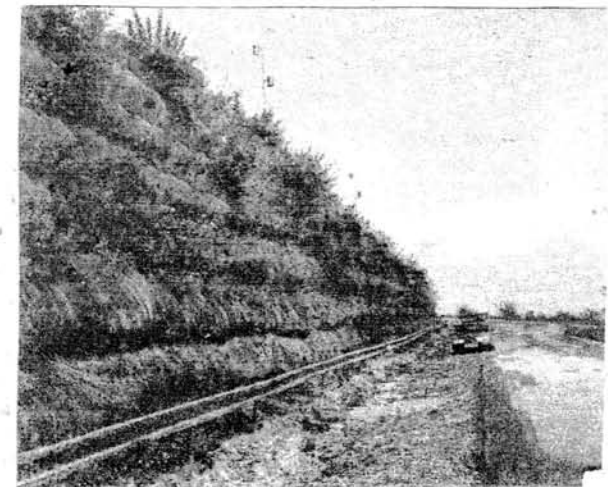
1. Bauweise der bewehrten Erde

Erste Anwendungen in Ost-Deutschland



Bewehrte-Erde-Wand
Bad Freienwalde 1981

Stützbauwerk
Dresden-Bannewitz 1985

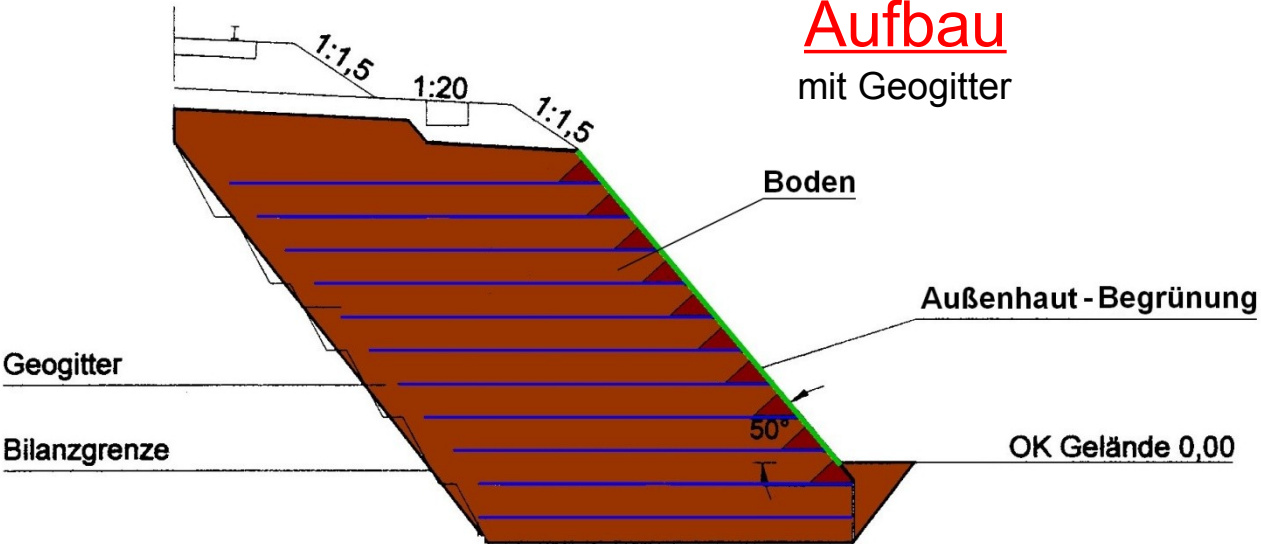


Randwegverbreiterung^{DR} 1985

Stützbauwerk Kohlebahn
Lübbenau 1987

1. Bauweise der bewehrten Erde

Aufbau mit Geogitter

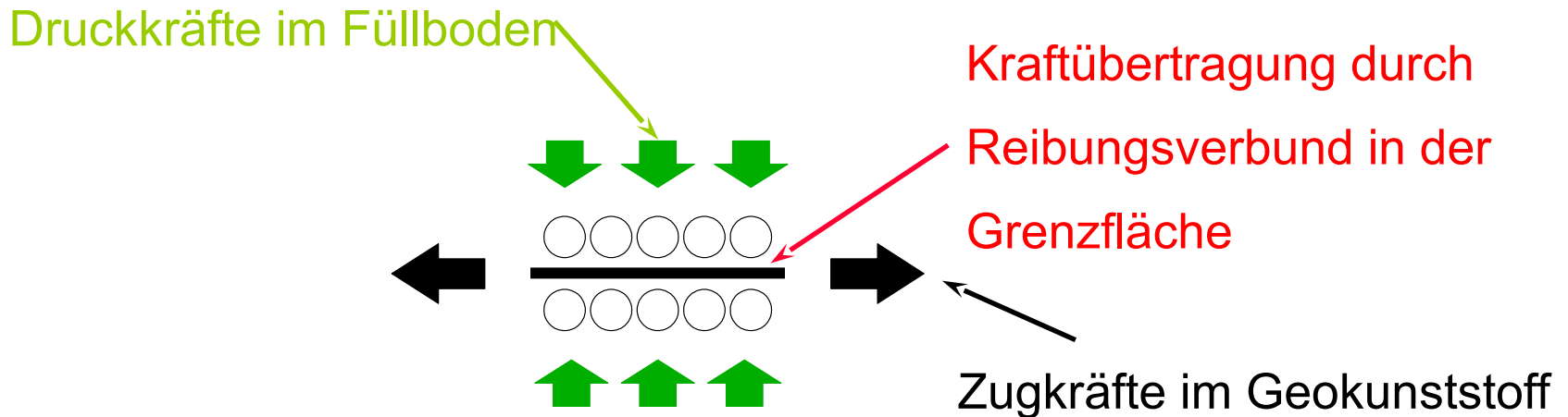


Wirkprinzip

Der Füllboden leitet die Druckspannungen im Verbundkörper weiter.

Im Bewehrungselement wird die für das Erreichen der Standsicherheit erforderliche Kraft als Zugkraft aktiviert und über Reibung in den Boden abgetragen.

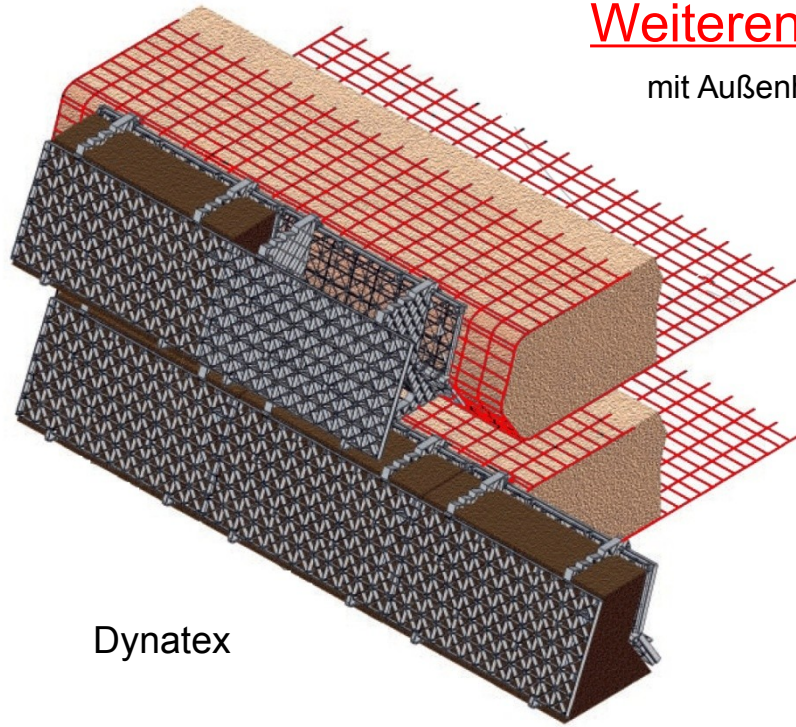
Die Kraftübertragung im Verbundkörper wird durch den Reibungsbeiwert und den zur Aktivierung der Reibung nötigen Verschiebungsweg realisiert.



1. Bauweise der bewehrten Erde

Weiterentwicklung

mit Außenhautelement



Dynatex

Klare **Trennung** des Füllbodens der Polsterwand vom Kulturboden in der Außenhautkonstruktion

Optimale **Verdichtung** des Füllbodens und **Kraftumleitung** im Geogitter

Vollständiger **Schutz** der „tragenden“ Geogitterbewehrungen gegen UV-Strahlung, Brände, Vandalismus, Anprall u.ä.

Vollflächige **Begrünung** der Außenhaut durch das Einbringen von Kulturboden und die luft- und wasserdurchlässige Struktur des Frontelementes



Vorschriften der Deutsche Bahn AG

- Ril 836 (2008/2013) „Erdbauwerke und sonstige geotechnische Bauwerke planen, bauen und instand halten“ der DB AG, Modul 4303, Absatz 4 „Geogitterbewehrte Stützkörper“
- Prüfungsbedingungen für Geokunststoffe in Zulassungsverfahren des Eisenbahn-Bundesamtes (EBA)
- „Geokunststoffe, Prüfungsbedingungen“. Technische Mitteilung TM 2007-058a, DB Netz AG, 2007
- Herstellerbezogene Produktqualifikation (HPQ) der DB Netz AG

Allgemeine Vorschriften

- EUROCODE 7 (EC 7) „Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik“ mit EC 7-1 „Allgemeine Regeln“ und EC 7-2 „Erkundung und Untersuchung des Baugrundes“
- DIN 1054 (2010) „Baugrund – Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau“
- „Empfehlungen für den Entwurf und die Berechnung von Erdkörpern mit Bewehrungen aus Geokunststoffen (EBGEO)“, 2. Auflage, 2010
- DIN EN 14475 (2006) „Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten – Bewehrte Schüttkörper“

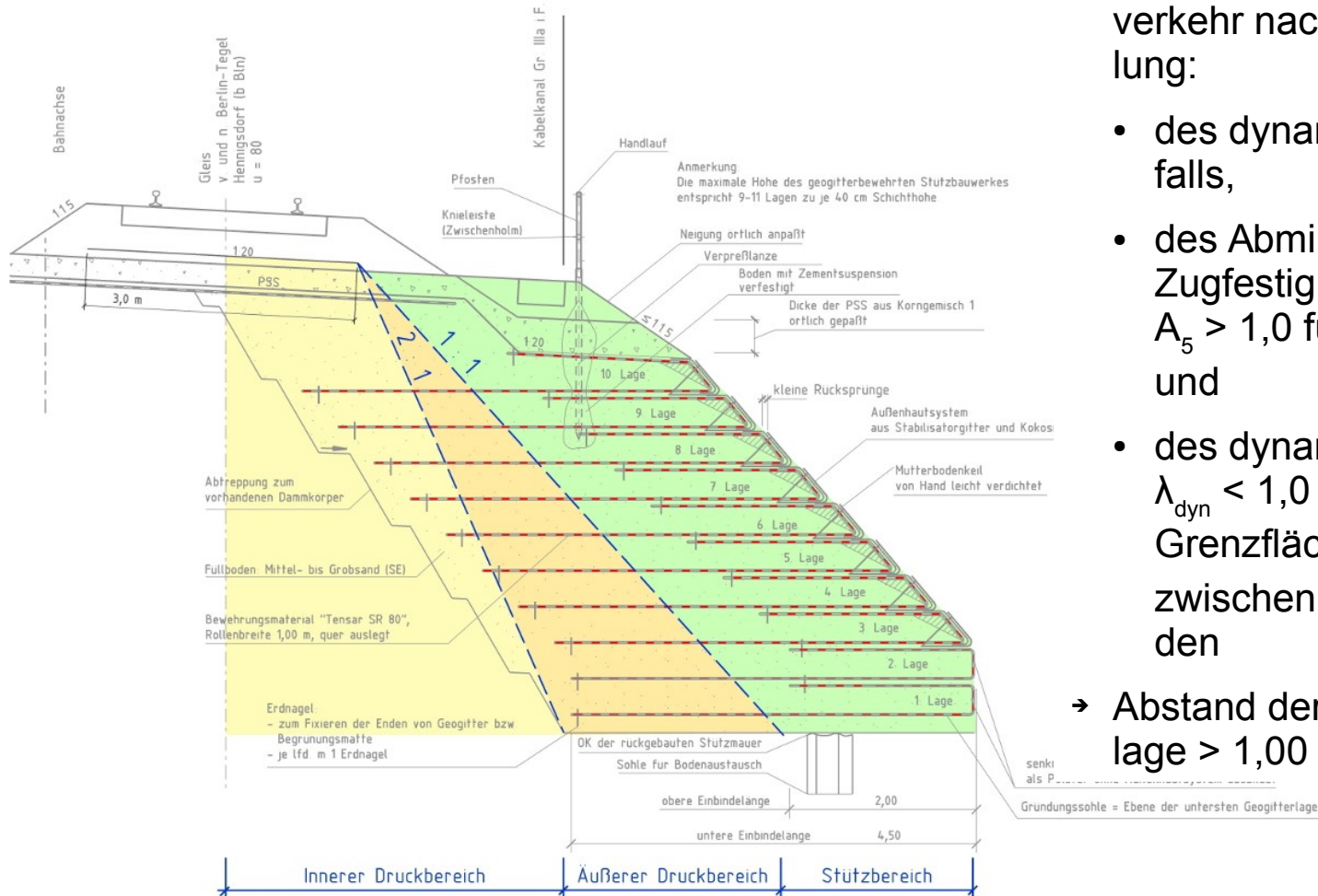
Die Ril 836, die DIN 1054 und der EC 7 wurden durch die

„Eisenbahnspezifische Liste Technischer Bauleistungen (ELTB)“

des Eisenbahn-Bundesamtes in der Fassung vom Februar 2013 zum 01.05.2013 verbindlich eingeführt.

Berücksichtigung dynamischer Einwirkungen

Regelquerschnitt des geogitterbewehrten Stützbauwerkes
(dargestellt am Querprofil km 18,808)



→ Berücksichtigung dynamischer Einwirkungen aus dem Eisenbahnverkehr nach EBGEO durch Ermittlung:

- des dynamischen Bemessungsfalls,
- des Abminderungsfaktors der Zugfestigkeit der Geogitter $A_5 > 1,0$ für nicht ruhende Lasten und
- des dynamischen Faktors $\lambda_{\text{dyn}} < 1,0$ zur Abminderung der Grenzflächenscherfestigkeit $f_{s,k}$ zwischen Geogitter und Füllboden

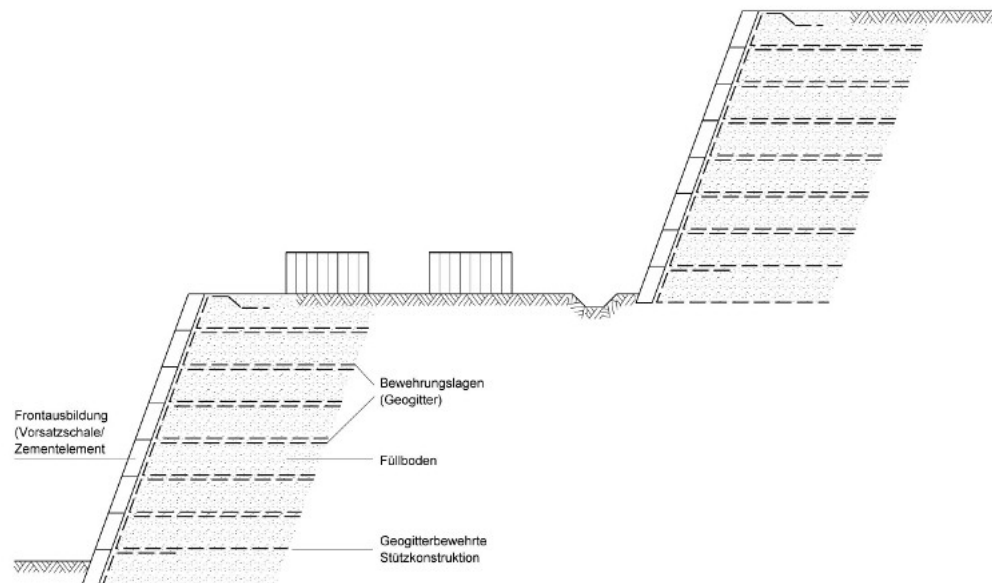
→ Abstand der obersten Bewehrungslage $> 1,00$ m von OFTS

Genehmigungsverfahren

Die Errichtung geogitterbewehrter Stützkonstruktionen an Erdbauwerken der Eisenbahn ist sowohl für temporäre als auch für dauernde Zwecke an folgende Genehmigungen bzw. Forderungen gebunden:

- „Unternehmensinterne Genehmigung der DB Netz AG“ (UiG)
- „Zustimmung im Einzelfall des Eisenbahn-Bundesamtes“ (ZiE)
- Einbeziehung eines einschlägig erfahrenen Gutachters für Geotechnik als Sondergutachter in die Planung und Ausführung der Stützkonstruktion

Dies gilt sowohl bei Anordnung der Stützkonstruktion innerhalb als auch außerhalb von Verkehrslasten.



Projekt Karlsruhe - Wolfartsweiher Straße

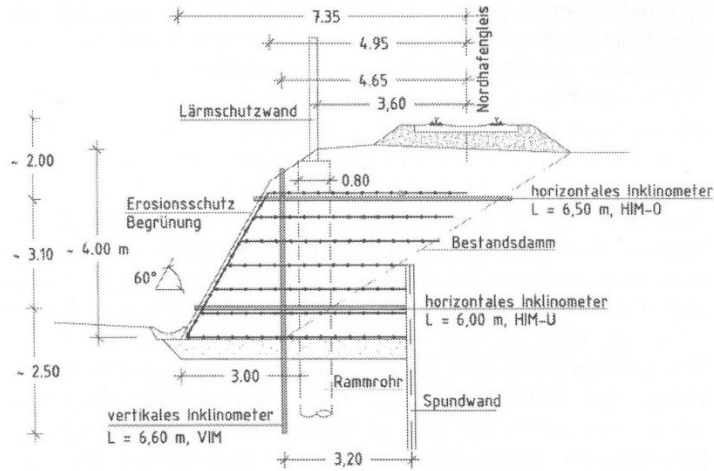


- Bau 1989 (als Zwischenbauzustand)
- Einschüttung bei Dammverbreiterung 1991
- Aufgrabung und Probennahme 2001
- Ergebnisse:
 - keine Setzungen und Gleislagefehler
 - Restzugfestigkeit 100 bis 64 % (> Bemessungsfestigkeit)

Quelle: Nimmegern, Lieberenz „Geogitterbewehrter Bahndamm-Ausgrabungen nach 10-jähriger Beanspruchung“ Geotechnik, Sonderheft 2001

3. Erfahrungen bei der Anwendung

Projekt Hannover-Ledeburg 1997



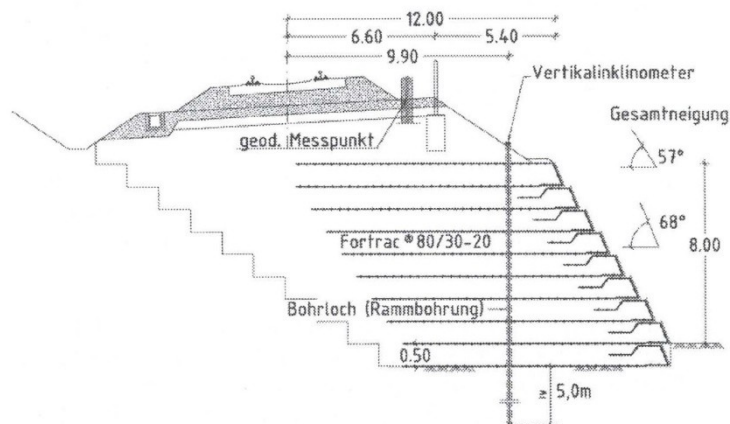
→ Bau 1997/2007

→ Messung mit Vertikal- und Horizontalinklinometer

→ Ergebnisse:

- „durchweg unbedenkliches Verformungsverhalten“
- „geokunststoffbewehrte Stützkonstruktionen können so ausgeführt werden, dass sie den besonderen Anforderungen eines Eisenbahnverkehrsweges gerecht werden“

Projekt Köln-Mühlheim 2007



Quelle: Beilke et.al. „Geogitterbewehrte Steilböschungen im Einflussbereich von Eisenbahnlasten“ Geotechnik, Sonderheft 2009

Projekt Hennigsdorf

Zustand 1999



Zustand 2012



→ Bau 1998

→ Aufgrabung und Probennahme 2013

→ Ergebnisse:

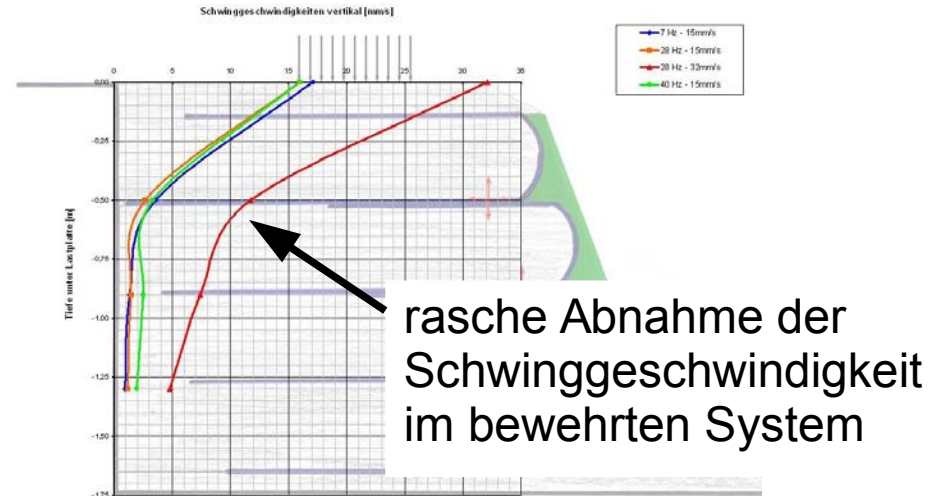
- sehr gute Gleislage
- keinerlei Instandhaltungsaufwand
- hohe Restzugfestigkeit
- „die begrünte Steilböschung bestätigt nach 14 Jahren Liegezeit, dass es sich bei der geogitterbewehrten Erde im Druckbereich von Eisenbahnverkehrslasten um eine sichere, instandhaltungsarme und ästhetische Bauweise handelt“

Quelle: Lieberenz et.al. „Bau einer Steilböschungen in Hennigsdorf aus Geokunststoffbewehrter Erde“ Geotechnik, Sonderheft 1999

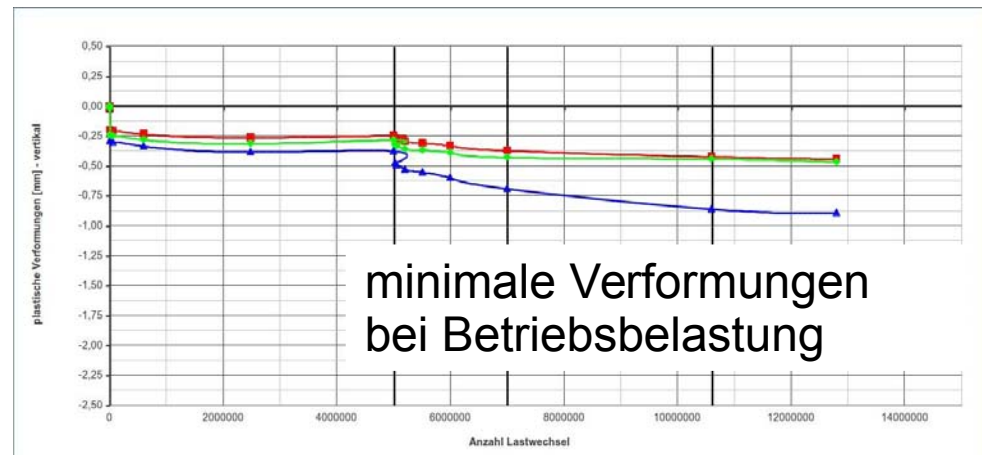
3. Erfahrungen bei der Anwendung

Dauerbelastungsversuche im Großversuchsstand
der HTW Dresden mit 12,8 Mio. Lastwechseln

Schwinggeschwindigkeiten



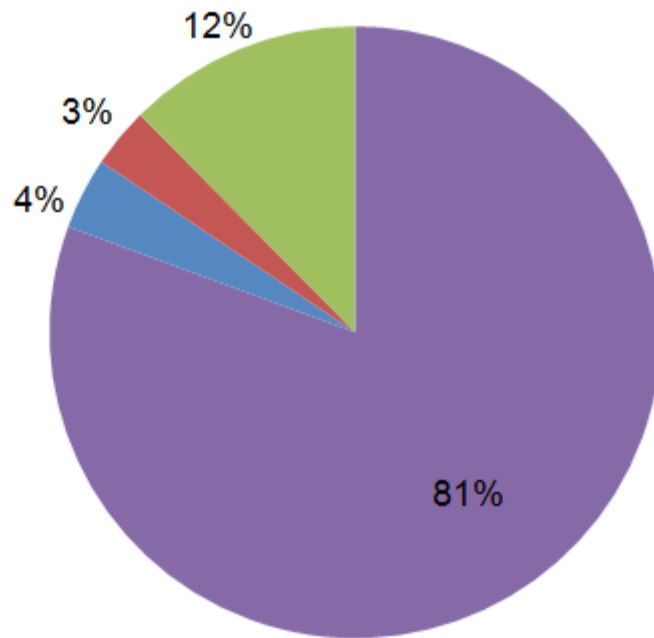
Vertikale plastische Verformungen



Ergebnis Ökobilanz

Bilanzobjekt: Stützmauer

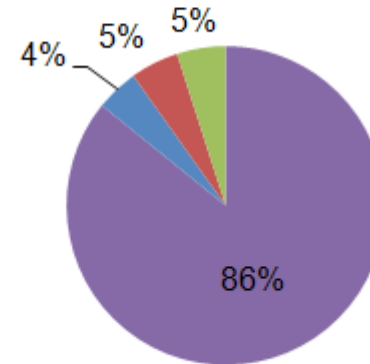
Umweltbelastungspunkte: 116.369



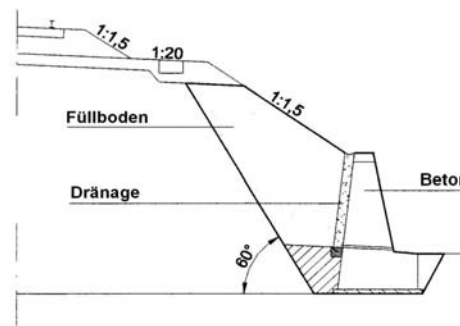
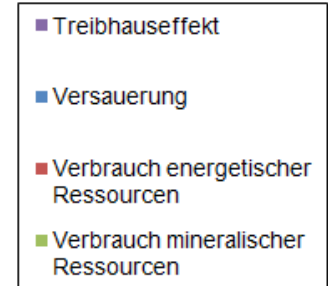
100 %

Bilanzobjekt: Bewehrte Erde

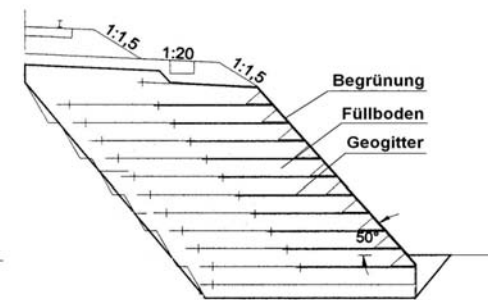
Umweltbelastungspunkte: 41.604



36 %

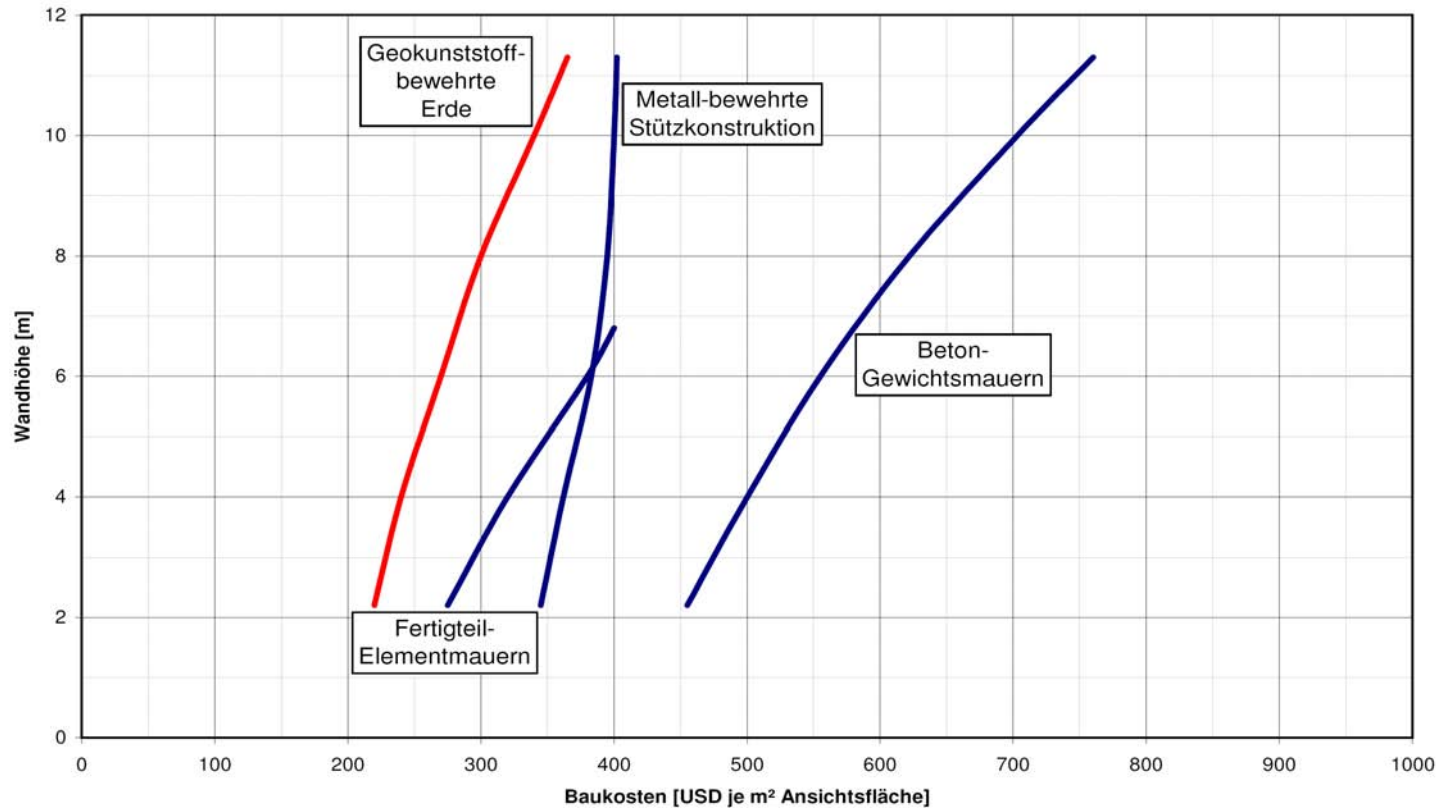


Sützmauer aus Beton



Steilböschung aus geokunststoffbewehrter Erde

Ergebnis Wirtschaftlichkeit



Geogitterbewehrte Stützkonstruktionen sind geotechnische Bauwerke,

- die nach dem Stand der Technik **ausreichend tragfähig und gebrauchstauglich** entworfen und bemessen werden können,
- die unter den Einwirkungen aus Eisenbahnverkehrslasten **dynamisch stabil** sind,
- die in hoher Qualität **wirtschaftlich und ökologisch** hergestellt werden können und
- die **verformungsarm und langzeitstabil** sind und so im Druckbereich von Eisenbahnverkehrslasten ein sicheres Auflager für den Oberbau und eine gute Gleislage gewährleisten.

Geogitterbewehrte Stützkonstruktionen stellen nach Beilke et.al.

"auch im Einflussbereich dynamischer Einwirkungen **eine technisch gleichwertige aber kostengünstigere (und umweltgerechtere) Alternative** zu klassischen Stützkonstruktionen dar"