

## **Der Einsatz von Geokunststoffen bei Fahrweggründungen.**

Im Bereich der Eisenbahnen des Bundes sind für den Einsatz von Geokunststoffen eisenbahnspezifische Regelungen zu beachten und einzuhalten.

-----  
Steffen Tost  
Oliver Krist  
Jan Retzlaff  
-----

Geokunststoffe werden im Verkehrswegebau in vielfältiger Weise eingesetzt. Sie kommen zum Beispiel als Filterelement für Entwässerungen, als Trenn- und Filterelement unter Tragschichten sowie als Bewehrungselement mit und ohne rechnerischen Ansatz oder als Dränelement von Hinterfüllungen zur Anwendung. Für die Bemessung von Bewehrungen aus Geokunststoffen können die „Empfehlungen für den Entwurf und die Berechnung von Erdkörpern mit Bewehrungen aus Geokunststoffen (EBGEO)“ [1] herangezogen werden. Angaben zur Ausführung regelt die DIN 14475:2006 „Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau) – Bewehrte Stützkörper“ [2]. Alle in der EBGEO aufgezeigten Anwendungen, Prüfungen und Anforderungen sind mit den weiteren Regelwerken für die Anwendung von Geokunststoffen im Straßenbau abgestimmt (ZTV E-StB 09 [3], M Geok E 2005 [4], TL Geok E-StB 2005 [5] (siehe auch [6])).

Beim Einsatz von Geokunststoffen im Bereich der Eisenbahnen des Bundes gelten weitere eisenbahnspezifische Regelungen.

## **Bauaufsichtliche Anforderungen beim Einsatz von Geokunststoffen**

Nach § 11 der Verwaltungsvorschrift Bau (VV Bau) [8] dürfen Bauprodukte gemäß dem Allgemeinen Eisenbahngesetz (AEG) bzw. der Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung (EBO) nur eingesetzt werden, wenn bei ihrer Verwendung die baulichen Anlagen bei ordnungsgemäßer Instandhaltung während einer dem Zweck entsprechenden angemessenen Zeitdauer die allgemeinen Anforderungen der Gesetze und Verordnungen erfüllen und diese Bauprodukte gebrauchstauglich sind.

Beim Einsatz von Geokunststoffen im Bereich der Eisenbahnen des Bundes gelten vorrangig die Regelungen in der Eisenbahnspezifischen Bauregelliste (EBRL) [9] und der Eisenbahnspezifischen Liste Technischer Baubestimmungen (ELTB) [10] des Eisenbahnbundesamtes (EBA).

Die Anlage E 1 der EBRL enthält ergänzende, nationale Anforderungen für die Anwendung von Geokunststoffen zur DIN 13250 „Geotextilien und geotextilverwandte Produkte - Geforderte Eigenschaften für die Anwendung beim Eisenbahnbau“ [11]. In der Anlage E 1 der EBRL werden dabei folgende ergänzende Festlegungen getroffen:

1. Es dürfen nur Geokunststoffe eingesetzt werden welche den „Prüfungsbedingungen für Geokunststoffe des Eisenbahn-Bundesamtes“ entsprechen. Anderenfalls ist eine Zustimmung im Einzelfall (ZiE) notwendig.
2. Für ein Bewehrungselement von Erdbauwerken mit rechnerischem Ansatz ist eine Zulassung oder eine ZiE für das Bauprodukt Geokunststoff erforderlich.

3. Die Eisenbahnen des Bundes tragen die Verantwortung dafür, dass die eingesetzten Geokunststoffe den Anforderungen der Prüfungsbedingungen entsprechen oder dass hierfür eine ZiE für das Bauprodukt vorliegt.

Zurzeit gelten die „Prüfungsbedingungen für Geokunststoffe des EBA“ in der Fassung von 2007 [12].

In der ELTB wird im Kapitel 8.3 Erd- und Grundbau auf die „neue“ Ril 836 [13] aus dem Jahr 2013 verwiesen, welche an verschiedenen Stellen Regelungen für den Einsatz von Geokunststoffen trifft. Zudem enthält die ELTB die Festlegung, dass der Einsatz von Abdichtungen in Erdbauwerken (Kunststoffdichtungsbahnen und geosynthetische Tondichtungsbahnen) stets eine ZiE erfordert.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass beim Einsatz von Geokunststoffen im Bereich der Eisenbahnen des Bundes die (EBRL) [9], die (ELTB) [10], die Regelungen der Prüfungsbedingungen [12] und der Ril 836 [13] anzuwenden und einzuhalten sind.

In den „Prüfungsbedingungen für Geokunststoffe des EBA“ [12] werden derzeit 6 verschiedene Anwendungsfälle unterschieden (Abb. 1).

Anwendungsfall	icon
4.3. Filterelement in Entwässerungsanlagen des Bahnkörpers	
4.4. Trenn- und Filterelement unter Tragschichten	
4.5. Bewehrungselement mit zusätzlicher Trenn- und Filterwirkung (ohne rechnerischen Ansatz)	
4.6. Bewehrungselement in Tragschichten (ohne rechnerischen Ansatz)	
4.8. Dränelemente mit hoher Alkalibeständigkeit für die Entwässerung von Hinterfüllbereichen	
4.7. Bewehrungselement in Erdbauwerken (mit rechnerischem Ansatz)	

Abb. 1: Anwendungsfälle gemäß Prüfungsbedingungen des EBA

Die konkret zugelassene Anwendungsvoraussetzung von Geokunststoffen für die 6 unterschiedlichen Anwendungsfälle ist in Abb. 2 dargestellt.

Daraus ist ersichtlich, dass für alle Anwendungsfälle ohne einen rechnerischen Ansatz eine gültige herstellerbezogene Produktqualifizierung (HPQ) der DB AG für das Produkt vorliegen muss. Anderenfalls ist eine UiG und ZiE für das Bauprodukt erforderlich.

Beim Einsatz von Geokunststoffen mit rechnerischem Ansatz (Anwendungsfall 4.7 gemäß den Prüfungsbedingungen) muss für das Bauprodukt eine eisenbahnspezifische Zulassung oder eine ZiE des EBA vorliegen.

In diesem Zusammenhang sei ausdrücklich darauf hingewiesen, dass beim Einsatz von Geokunststoffen als Bewehrungselemente mit rechnerischem Ansatz zu beachten ist, dass eine eisenbahnspezifische Zulassung bzw. eine ZiE für das Bauprodukt Geokunststoff und zusätzlich eine ZiE für die Bauweise vorliegen muss.

Anwendungsfall	Einsatzbedingungen für Geokunststoffe bei Baumaßnahmen im Bereich der Eisenbahnen des Bundes
4.3. Filterelement in Entwässerungsanlagen des Bahnkörpers	- nur bei Vorliegen einer gültigen Herstellerbezogenen Produktqualifizierung (HPQ)
4.4. Trenn- und Filterelement unter Tragschichten	
4.5. Bewehrungselement mit zusätzlicher Trenn- und Filterwirkung (ohne rechnerischen Ansatz)	
4.6. Bewehrungselement in Tragschichten (ohne rechnerischen Ansatz)	
4.8. Dränelemente mit hoher Alkalibeständigkeit für die Entwässerung von Hinterfüllbereichen	
4.7. Bewehrungselement in Erdbauwerken (mit rechnerischem Ansatz)	- ohne HPQ ist eine UiG und eine ZiE für den Geokunststoff erforderlich
	eisenbahnspezifische Zulassung oder mit einer Zustimmung im Einzelfall (ZiE)

Abb. 2: Voraussetzungen für den Einsatz von Geokunststoffen für die Anwendungsfälle gemäß den Prüfungsbedingungen für Geokunststoffe des EBA

### Anwendungsbeispiel 1: Geogitter über vertikale Tragelemente

Bei der ABS Rostock – Berlin handelt es sich um eine zweigleisige Strecke mit Schotteroberbau. Sie wird derzeit mit Geschwindigkeiten von maximal 120 km/h befahren und ist für Achslasten von 22,5 Tonnen ausgelegt. Sie wird derzeit für eine Geschwindigkeit von 160 km/h und Achslasten von 25 Tonnen ertüchtigt, wobei Güterzüge maximal 100 km/h erreichen werden. Der etwa 10 km lange Abschnitt zwischen Nassenheide und Löwenberg durchquert insgesamt vier Moorgebiete mit zum Teil über 10 m mächtigen Weichschichten im Untergrund. Dabei weisen drei Moorbereiche (Moor 1 bis 3) Längen zwischen 700 m bis 800 m auf, Moor 4 ist mit ca. 200 m deutlich kürzer. Alle vier Moorbereiche befinden sich in Dammlage, wobei die größten Dammhöhen von etwa 10 m im Moor 4 erreicht werden. Im Moor 1 und 3 sind die Dämme mit 1 m bzw. 6 m Dammhöhe flacher.

Zur Absicherung der dynamischen Stabilität und Erzielung der Böschungsstandsicherheit wurde in drei Mooren auf einer Gesamtlänge von ca. 1,4 km die sog. Säulen-Geogitter-Polster-Bauweise ausgeführt (Abb. 3). Über rasterförmig angeordneten Fertigbetonrammpfählen als vertikale Tragelemente wurde ein 4-lagig bewehrtes Bodenpolster aus einem hoch scherfesten Sand-Kies-Material hergestellt.

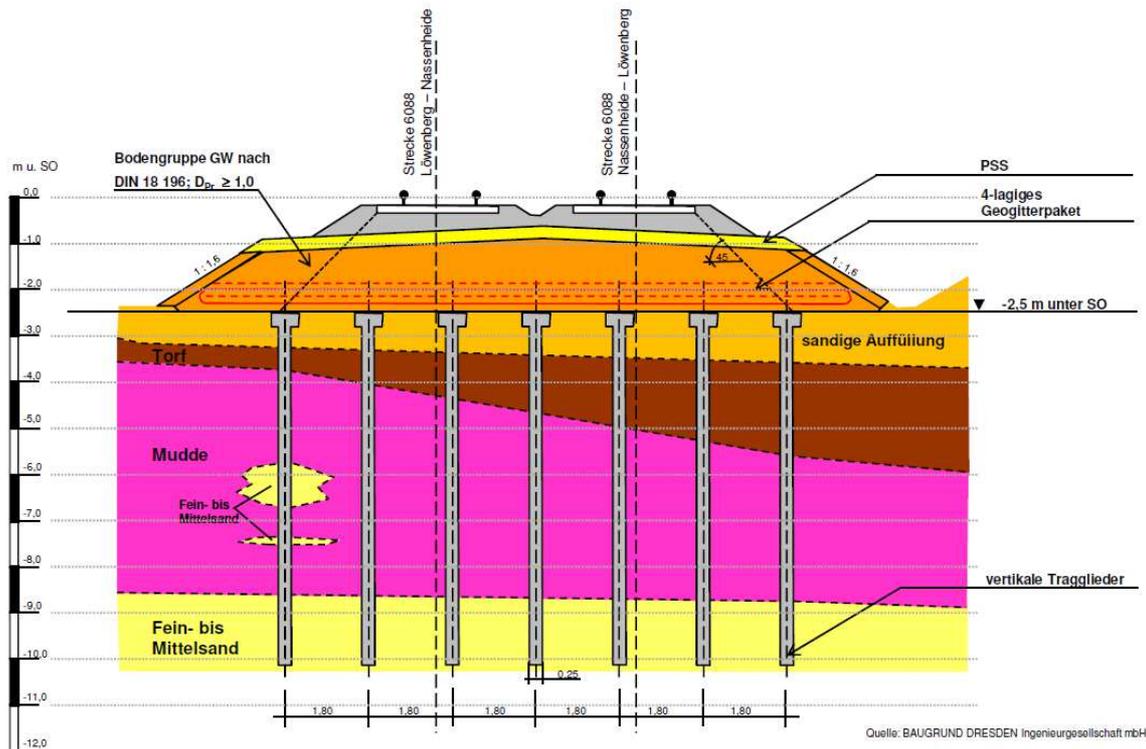


Abb. 3: Beispiel eines Regelquerschnittes der Säulen-Geogitter-Polster-Bauweise

Gemäß Ril 836.4203, Abschnitt 3 [14], sind für diese Bauweise eine UiG und eine ZiE notwendig, welche auch vor der Ausschreibung der Baumaßnahmen beantragt und eingeholt wurden. Die Bemessung der Säulen-Geogitter-Polster-Bauweise erfolgte gemäß Abschnitt 9 der EBGEO [1] und zusätzlichen Gebrauchstauglichkeitsuntersuchungen mittels FE-Berechnungen (Abb. 4). Da es sich hierbei um eine Anwendung gemäß Abschnitt 4.7 der „Prüfungsbedingungen für Geokunststoffe des EBA“ [12] – mit rechnerischem Ansatz – handelt, kamen Geogitter mit einer „allgemeinen“ Zulassung zur Anwendung. Somit lag eine ZiE für die Bauweise und eine „allgemeine“ Zulassung für das Bauprodukt Geokunststoff vor.

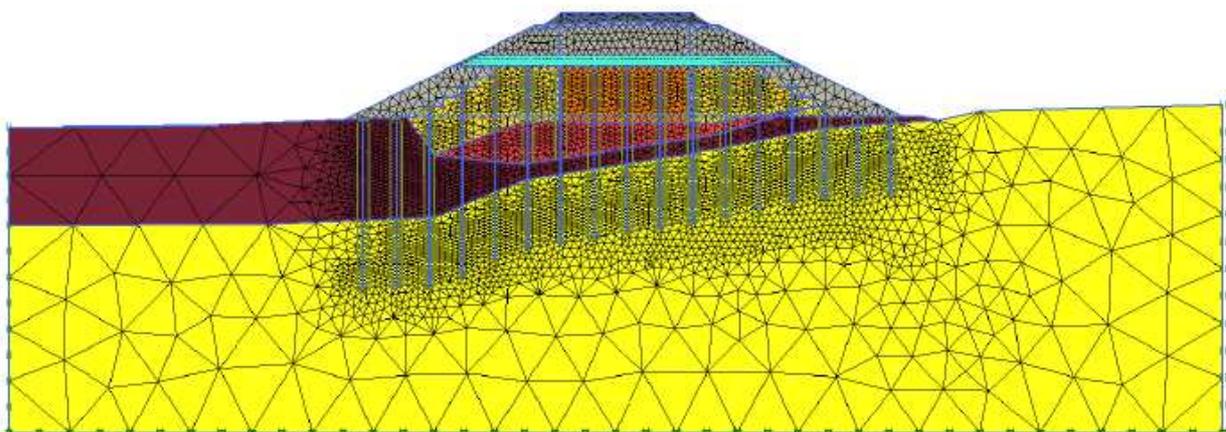


Abb. 4: Gebrauchstauglichkeitsuntersuchungen der Säulen-Geogitter-Polster-Bauweise mittels FE-Berechnungen

Die Herstellung der Säulen-Geogitter-Polster-Bauweise erfolgte im Rahmen einer Totalperierung von Oktober 2012 bis März 2013. Die ca. 72.000 m Fertigbetonrammpfähle wurden ohne größere Probleme eingebracht (Abb. 5). Die Errichtung des geogitterbewehrten Erdkörpers

einschließlich der Verlegung der Geogitter wurde bei entsprechender Vorbereitung und Einstellung der Bautechnik bei hohem Bautempo vorgenommen (Abb. 6a). Die verwendeten Geogitter konnten auch mit kleinen Radien mit  $r = 15\text{ cm}$  problemlos umgeschlagen und ausreichend faltenfrei und straff verlegt werden (Abb. 6b).



Abb. 5: Herstellung der Fertigbetonrammpfähle als vertikale Tragelemente – Quelle: Centrum Pfähle GmbH



Abb. 6a und Abb. 6b: Herstellung des geogitterbewehrten Bodenkörpers (Abb. 6a) einschl. Ausbildung der Umschlagsbereiche der Geogitter (Abb. 6b) – Quelle: BAUGRUND DRESDEN Ingenieurgesellschaft mbH

## Anwendungsbeispiel 2: Geogitter zur Erdfallsicherung

Die DB Netz AG hat im Jahr 2012 eine umfangreiche Grundsanierung der Strecke Frose – Nachterstedt vorgenommen. Von den insgesamt rund 2 Kilometern der sanierten Strecke wurden ca. 1,2 km mit einem geokunststoffbewehrten Bodenpolster gesichert. Die Arbeiten wurden notwendig, da für Teilbereiche der Strecke 6344 das Risiko von Tagbrüchen bestand. Der kritische Bereich befindet sich zwischen Frose und Nachterstedt nordwestlich von Aschersleben am südlichen Rand eines ehemaligen Kippengeländes.

Das Risiko des Eintretens von Tagbrüchen wurde mit vorlaufender Dynamischer Intensivverdichtung reduziert. Zusätzlich wurde der kritische Bereich in seiner gesamten Länge mit einem geogitterbewehrten Erdpolster gesichert. Diese Erdfallsicherung wurde als Teilsicherung gemäß Abschnitt 11 der EBGeo [1] bemessen. Es wurde das Bemessungsverfahren R. A. F. A. E. L. angewendet. Dabei handelt es sich um eine Nachweiskette, mit der ein zylindrischer Einbruchkörper über einer extrem anisotropen Geokunststoffbewehrung berücksichtigt wird, wobei das Grenzkriterium die zulässige Einsenkung an der Fahrbahnoberkante ist. Da das Bemessungsverfahren auf die Dehnsteifigkeit der Geokunststoffbewehrung abstellt und dies eine polymer- und produktspezifische Eigenschaft ist, ist es in der Regel notwendig, sich bereits im Zuge der Entwurfsplanungen auf ein bestimmtes Bauprodukt festzulegen. Das schränkt zwar die unternehmerische Freiheit des ausführenden Bauunternehmens ein, erlaubt aber den komplexen Genehmigungsprozess mit UiG und ZiE für die Bauweise bzw. wenn notwendig auch für das Bauprodukt ohne große zeitliche Verzögerungen in den Planungsprozess zu integrieren.

Die ausgeführte Teilsicherungsmaßnahme soll ein plötzliches Versagen des Gleiskörpers verhindern und den Zeitraum zwischen den Inspektionsintervallen einer planmäßigen Überwachung gemäß Ril 821 [17] bzw. den erforderlichen Sonderinspektionen überbrücken. Auf der Grundlage der zur Verfügung stehenden Informationen wurde seitens der DB eine UiG für die konstruktive Lösung erteilt. Die gewählte Bauweise ist aber als eine Gründungsmaßnahme einzustufen, die sich nicht den Regelungen der Ril 836.4202 [14] zuordnen lässt. Somit war eine ZiE für die Bauweise erforderlich.

Die ursprünglich geplante Lösung gemäß den Antragsunterlagen zur ZiE sah vor, über dem mittels dynamischer Intensivverdichtung ertüchtigten Untergrund einen 4-lagig geogitterbewehrten Bodenkörper anzuordnen. Für die vorgesehenen Geogitter lagen Zulassungen gemäß Abschnitt 4.7 der Prüfungsbedingungen [12] vor.

Vergleichsberechnungen im Rahmen der Erteilung der ZiE für die Bauweise ergaben aber, dass die zu erwartenden Beanspruchungen von den vorgesehenen, zugelassenen Geogittern mit einer Kurzzeitfestigkeit von 600 kN/m nicht aufgenommen werden können.

Deshalb wurde in der ZiE festgelegt, Geogitter zu verwenden, welche eine höhere Zugfestigkeit aufweisen bei einer gleichzeitigen Reduzierung der Anzahl der Geogitterlagen.

Da aber im Planungs- und Ausführungszeitraum keine Geogitter mit einer Kurzzeitzugfestigkeit von > 600 kN/m mit gleichzeitiger Zulassung nach Abschnitt 4.7 der Prüfungsbedingungen des EBA am Markt erhältlich waren, wurde für das zum Einsatz gelangte Geogitter eine ZiE für das Bauprodukt vom EBA erteilt. Die Anforderungen orientierten sich dabei an den Prüfungsbedingungen für Geokunststoffe des EBA [14], insbesondere der dortigen Tabelle 4.7.

Zum Einsatz kam ein Geogitter aus Aramid mit einer Kurzzeitzugfestigkeit in Hauptzugrichtung von 1200 kN/m und einer Kurzzeitzugfestigkeit in Querrichtung von 100 kN/m. Per Definition EBGeo [1] handelte es sich dabei um ein extrem anisotropes Material.

Neben der ZiE für das Bauprodukt Geogitter wurde auch eine ZiE für die Bauweise durch das EBA ausgesprochen.



Abb. 7: Einbau der extrem anisotropen Geogitter parallel zur Fahrwegachse mit einer Verlege-traverse. Quelle: GEOscope GmbH & Co. KG

### Schlussbemerkung

Innovative Lösungen mit Geokunststoffen sind trotz der nunmehr bereits über einen längeren Zeitraum gesammelten Erfahrungen immer noch eine relativ neue Bauweise verglichen mit traditionellen Bauverfahren. Dieser Entwicklung trägt sowohl das bautechnische als auch das verwaltungstechnische Regelwerk Rechnung. Die EBGEO [1] berücksichtigt z. B. das in den letzten Jahren stark erweiterte Anwendungsspektrum von Geokunststoffbewehrungen und ist die Basis für die Erteilung einer ZIE für die Bauweise am Ende einer komplexen aber eindeutigen eisenbahnspezifischen Regelungskette. Damit stellt die Anwendung von Geokunststoffen nicht nur oft eine wirtschaftlichere Alternative zu konventionellen Lösungen dar, sondern zwingt auch Bauherren und Planer im Vergleich zu herkömmlichen Lösungen zu einer teilweise deutlich vorausschauenderen Arbeitsweise. In den hier beschriebenen Berechnungsverfahren sind u.a. polymer- und produktspezifische Eigenschaften zwingend zu berücksichtigen. Damit muss die Genehmigungs- bzw. Entwurfsplanung in Teilbereichen bereits Aspekte der Ausführungsplanung beinhalten. In diesem Zusammenhang ist die Zulassung der Geokunststoffbewehrung nach den Prüfungsbedingungen des EBA bzw. die Überprüfung der Eignung dieser Bauprodukte im Verfahren zur Erlangung einer ZiE ein wichtiger Beitrag für die Planungssicherheit und die Transparenz der am Markt erhältlichen Produkte, die die DIN 13250 „Geotextilien und geotextilverwandte Produkte - Geforderte Eigenschaften für die Anwendung beim Eisenbahnbau“ [11] allein vor dem eisenbahnspezifischen Hintergrund nicht sicherstellen kann.

### Zusammenfassung

Der Beitrag fasst aktuelle Entwicklungen des Bauens mit Geokunststoffen unter besonderer Berücksichtigung eisenbahnspezifischer Regelungen zusammen und nimmt dabei Bezug auf zwei ausgeführte Maßnahmen. Das Wissen, dass Bauvorhaben mit Geokunststoffbewehrungen nach dem derzeit geltenden Vorschriftenwerk in eine ZIE des EBA für die Bauweise münden, ist wichtig für einen reibungslosen Ablauf der Planungen und die zeitliche Abfolge der Ausführung. Gleichzeitig eröffnet das Regelwerk dem EBA die Möglichkeit, die geschilderte Bauweise mit Geokunststoffen auch unter Einsatz innovativer Bauprodukte zu realisieren. Sofern Geokunststoffbewehrungen im Vorfeld keine Zulassung nach den Prüfungsbedingungen des EBA [14] als

Bewehrungselemente mit rechnerischem Ansatz erhalten haben, kann auch der Weg über eine ZiE beschritten werden.

---

## LITERATUR

- [1] Empfehlungen für den Entwurf und die Berechnung von Erdkörpern mit Bewehrungen aus Geokunststoffen – EBGEO, Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V. (DGGT), 2. Ausgabe, 2010
- [2] DIN EN 14475:2006, Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau) – Bewehrte Stützkörper
- [3] ZTV E-StB 09 „Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau“, FGSV 599, Ausgabe 2009, mit Korrekturen, Stand Juni 2010
- [4] M Geok 2005, Merkblatt über die Anwendung von Geokunststoffen im Erdbau des Straßenbaus, Ausgabe 2005, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Erd- und Grundbau, Köln, FGSV
- [5] TL Geok E-StB 05, Technische Lieferbedingungen im Erdbau des Straßenbaus, Ausgabe 2005, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Erd- und Grundbau, Köln, FGSV
- [6] Bräu, G., Krist, O.: Die neue „EBGEO“ und ihre Anwendung im Eisenbahnwesen, EI-Eisenbahningenieur, Seite 6 – 9, Mai 2012
- [7] Tost S., Krist, O., Retzlaff, J.: Der Einsatz von Geokunststoffen bei Fahrweggründungen unter Berücksichtigung bauaufsichtlicher Anforderungen, 9. Tiefbaufachtagung in Dresden, 2013, VDEI Akademie für Bahnsysteme
- [8] Verwaltungsvorschrift über die Bauaufsicht im Ingenieurbau, Oberbau und Hochbau (VV Bau), Eisenbahn-Bundesamt, Ausgabe mod. Bauaufsicht, Version 4.53, gültig ab 01.07.2013
- [9] Eisenbahnspezifische Bauregellisten (EBRL), Eisenbahn-Bundesamt, Ausgabe 2012/1, gültig ab 15.05.2013
- [10] Eisenbahnspezifische Liste Technischer Baubestimmungen (ELTB), Eisenbahn-Bundesamt, Fassung Februar 2013, gültig ab 01.05.2013

- [11] DIN EN 13250: 2000 + A1:2005 in Deutschland umgesetzt durch die DIN EN 13250:2005-04: „Geotextilien und geotextilverwandte Produkte - Geforderte Eigenschaften für die Anwendung beim Eisenbahnbau“
- [12] Prüfungsbedingungen für Geokunststoffe des Eisenbahn-Bundesamtes, Eisenbahnbundesamt, Ausgabe 01.02.2007
- [13] Ril 836: Erdbauwerke und sonstige geotechnische Bauwerke planen, bauen und instandhalten, Fassung vom 20.12.1999a, 2. Aktualisierung gültig ab 01.02.2013, DB Netz AG
- [14] Ril 836: Erdbauwerke und sonstige geotechnische Bauwerke planen, bauen und instandhalten, Fassung vom 20.12.1999a, DB Netz AG
- [15] Ril 821: Oberbau inspizieren, Fassung vom 01.10.1998, DB Netz AG
- 



Dipl.-Ing. Steffen Tost

Prokurist BAUGRUND DRESDEN Ingenieurgesellschaft mbH  
durch das EBA anerkannter Gutachter für Geotechnik  
info@baugrund-dresden.de

Dipl.-Ing. Oliver Krist

Geotechnischer Ingenieurbau, Referat 21, Zentrale des EBA  
KristO@eba.bund.de

Dr.-Ing. Jan Retzlaff

Geschäftsführer GEOscope GmbH & Co KG  
von der IHK Nord Westfalen öffentlich bestellter  
und vereidigter Sachverständiger für  
bautechnische Textilien und Geokunststoffe  
j.retzlaff@geoscope.eu