

## Regelwerke für den Einsatz von Geokunststoffen

### Geokunststoffe im Eisenbahnbau

Prof. Dr.- Ing. J. Müller-Rochholz

Die **Anwendung** von Geokunststoffen im Eisenbahnbau wird durch folgende Druckschriften (DS) der DB AG geregelt: **DS 835** - Vorschrift für die Abdichtung von Ingenieurbauwerken, **DS 836**- Vorschrift für Erdbauwerke und **DS 853** - Eisenbahntunnel planen, bauen, instand halten.

Die **Anforderungen** an Geokunststoffe regeln die Technischen Lieferbedingungen der Deutschen Bahn AG: **DB AG TL 918 39** (Ausgabe April 1997). Zur Orientierung für Hersteller und Lieferanten über zugelassene Materialien dient das "**Verzeichnis der im Eisenbahnunterbau zugelassenen Geokunststoffe**".

#### I. Zulassung

Es dürfen im Erd-, Grund- und Tunnelbau der DB AG sowohl beim Neubau als auch bei der Instandhaltung nur Geokunststoffe verwendet werden, für die nach Prüfung eine Lieferzustimmung erteilt wurde.

Für bereits zugelassene Materialien gilt folgende Regelung:

1. Die erteilten Zustimmungen gelten bis zu deren Ablauf
2. Mit dem Antrag auf Verlängerung der Lieferzustimmung ist anzugeben, für welche Anwendungsfälle die jeweiligen Geokunststoffe verwendet werden sollen. Fehlende Angaben sind zu ergänzen.

Vor der Erstanwendung muß der Hersteller / Lieferant durch folgende Unterlagen nachweisen, daß sein Produkt die Anforderungen erfüllt:

- Antrag auf Anwendung gem. Anwendungsfall
- Produktbeschreibung
- Handmuster
- Prüfzeugnisse

Die Zustimmung für die Lieferung wird auf ein Jahr befristet und kann auf Antrag vor Ablauf um ein weiteres Jahr verlängert werden (das Fremdüberwachungszeugnis darf hierzu nicht älter als 6 Monate sein). Wird die Jahresfrist überschritten, ist ein neuer Nachweis erforderlich.

#### II. Anwendungsfälle gem. DS

Für Erd- Grund- und Tunnelbau wurden folgende Anwendungsfälle formuliert:

nach DS 836 Anwendungsfälle als :

1. Filterelement in Entwässerungsanlagen des Bahnkörpers
2. Trenn- und Filterelement unter Tragschichten
3. Bewehrungselement mit zusätzlicher Trenn- und Filterwirkung unter Tragschichten bei wenig tragfähigem Untergrund bzw. stark wechselnder Tragfähigkeit des Untergrundes
4. Bewehrungselement in Tragschichten bei wenig tragfähigem Untergrund bzw. stark wechselnder Tragfähigkeit des Untergrundes
5. Bewehrungselement von Erdbauwerken
6. Erosionsschutz - Element
7. Geosynthetische Tondichtungsbahn (GTD) als Abdichtungselement in Erdbauwerken
8. Kunststoffdichtungsbahnen (KDB) als Abdichtungselement
9. Schutzelement für Kunststoffdichtungsbahnen (KDB), die als Abdichtungselement in Erdbauwerken eingesetzt werden.

nach DS 853 Anwendungsfälle als:

10. Schutzelement bei der Abdichtung von Tunneln in Untertagebauweise

Diese Anforderungen sind in der **DB AG TL 918 39** als Anlage 1 - 10 enthalten und werden im Folgenden wiedergegeben:

### 1. Anforderungen an Geokunststoffe als Filterelement in Entwässerungsanlagen des Bahnkörpers

	Parameter	Anforderung
1	Masse pro Flächeneinheit	$\geq 150 \text{ g/m}^2$ <sup>1) 2)</sup>
2	Stempeldurchdrückkraft	$\geq 1.500 \text{ N}$ <sup>2)</sup>
3	Wasserdurchlässigkeit senkrecht $k_v$ bei 20 kPa Auflast	$\geq 1 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$
4	Wirksame Öffnungsweite $O_{90,w}$	Bemessung der Filterwirksamkeit <sup>3)</sup> gem. DS 836
5	Dicke bei 20 kPa Auflast	$\geq 10 \cdot O_{90,w}$

- 1) Aus wirtschaftlichen Gründen sollen 250 g/m<sup>2</sup> nicht überschritten werden.
- 2) Die Anforderungen an die Masse pro Flächeneinheit und an die Stempeldurchdrückkraft entsprechen bei Vliesstoffen gemäß Merkblatt FGSV der Geotextilrobustheitsklasse GRK 3.
- 3) Bei inhomogenen gemischt- bis feinkörnigen Böden sollten bevorzugt mechanisch verfestigte Vliesstoffe mit  $O_{90,w} = 0,08 \dots 0,16 \text{ mm}$  verwendet werden, um eine hohe Kolmationssicherheit zu gewährleisten.

### 2. Geokunststoffe als Trenn- und Filterelement

	Parameter	Anforderung
1	Art des Geokunststoffes	Vliesstoff
2	Masse pro Flächeneinheit	$\geq 250 \text{ g/m}^2$ <sup>1)</sup>
3	Stempeldurchdrückkraft	$\geq 2.500 \text{ N}$ <sup>1)</sup>
4	Wasserdurchlässigkeit senkrecht $k_v$ bei 20 kPa Auflast	$\geq 5 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$
5	Wasserdurchlässigkeit horizontal $k_h$ bei 20 kPa Auflast	$\geq 5 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$
6	Wirksame Öffnungsweite $O_{90,w}$	0,06...0,20 mm
7	Dicke bei 20 kPa Auflast	$\geq 15 O_{90,w}$

- 1) Die Anforderungen an die Masse pro Flächeneinheit und die Stempeldurchdrückkraft entsprechen gem. Merkblatt FGSV der Geotextilrobustheitsklasse GRK 4.

### 3. Geokunststoffe als Bewehrungselement mit zusätzlicher Trenn- und Filterwirkung unter Tragfähigem Untergrund bzw. bei stark wechselnder Tragfähigkeit des Untergrundes

	Parameter	Anforderung	
1	Art des Geokunststoffes	Verbundstoff aus Bewehrungselement und Trenn- und Filterelement	
2	Bewehrungselement <sup>1)</sup>	HZK in beiden Hauptrichtungen	$\geq 40 \text{ kN/m}$
3		Isotropie der HZK in beiden Hauptrichtungen	1:1 ... 1:1,25
4		Zugkraft in beiden Hauptrichtungen bei 3 % Dehnung	$\geq 10 \text{ kN/m}$
5		Isotropie der Zugkräfte in beiden Hauptrichtungen bei 3% Dehnung	1:1 ... 1:1,25
6		Maschenweite in beiden Hauptrichtungen	$\leq 10 \text{ mm}$ <sup>2)</sup>
		Parameter	Anforderung

7	Trenn- und	Art des Elementes	Vliesstoff
8		Masse pro Flächeneinheit	$\geq 250 \text{ g/m}^2$
9		Verbund zwischen Bewehrungs- und Trenn- und Filterelement	flächig <sup>3)</sup> u. für den Nutzungszeitraum dauerhaft
10		Wasserdurchlässigkeit senkrecht $k_v$ bei 20 kPa Auflast	$\geq 5 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$
11		Wasserdurchlässigkeit horizontal $k_h$ bei 20 kPa Auflast	$\geq 5 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$
12		Wirksame Öffnungsweite $O_{90,w}$	0,06...0,20 mm

- 1) Alle Zugversuche sind am Verbundstoff aus Bewehrungselement und Trenn- und Filterelement durchzuführen.
- 2) Als Maschenweite wird die lichte Weite zwischen 2 Bewehrungssträngen definiert.
- 3) Als flächiger Verbund gilt vorzugsweise eine vollflächige Verbindung beider Komponenten durch mechanische Verfestigung oder durch Verwirken.  
Mindestens sind:
  - einaxiale Nähte mit einem Abstand von maximal 10 mm
  - zweiaxiale Nähte mit einem Abstand von maximal 20 mm bzw.
  - punktweise Fixierungen mit einem Rasterabstand von maximal 20 mm erforderlich.

### 4. Bewehrungselement in Tragschichten bei wenig tragfähigem Untergrund bzw. stark wechselnder Tragfähigkeit des Untergrundes

	Parameter	Anforderung
1	Art des Geokunststoffes	Geogitter
2	Höchstzugkraft in beiden Hauptrichtungen	$\geq 40 \text{ kN/m}$
3	Isotropie der Höchstzugkraft in beiden Hauptrichtungen	1:1 ... 1:1,25
4	Zugkraft in beiden Hauptrichtungen bei 3 % Dehnung	$\geq 10 \text{ kN/m}$
5	Isotropie der Zugkräfte in beiden Hauptrichtungen bei 3% Dehnung	1:1 ... 1:1,25
6	Isotropie der Maschenweite in beiden Hauptrichtungen	1:1 ... 1:0,75 <sup>1)</sup>
7	Untere Begrenzung der Maschenweiten in beiden Hauptrichtungen	Maschenweite $\geq d_{80} \cdot 1,67$ <sup>1) 2)</sup>
8	Obere Begrenzung der Maschenweiten in beiden Hauptrichtungen	Maschenweite $\leq 40 \text{ mm}$ <sup>1) 3)</sup>

- 1) Als Maschenweite wird die lichte Weite zwischen 2 Bewehrungssträngen definiert. Durch die Forderung nach Maschenweiten soll gitterartigen Strukturen ein Vorzug gegeben werden, da diese die Homogenität der Tragschichte nicht durch Trennung vermindern.
- 2) Dieses Verzahnungskriterium mit dem umgebenden Boden optimiert das Reibungsverhalten zwischen Geokunststoff und Boden. Der Wert  $d_{80}$  ist die Korngröße, die für die Kornverteilungslinie des umgebenden Bodens einer Ordinate des Siebdurchganges von 80% entspricht.
- 3) Dieses Kriterium der Flächentragwirkung verhindert zu große Bodenverformungen bis zur Inanspruchnahme der Bewehrung. Grundsätzlich wird das Kriterium der Flächentragwirkung für das Reibungsverhalten höher bewertet als das Verzahnungskriterium, so daß bei Verwendung des grobkörnigen Korngemisches 2 nach DB AG-TL 918062 das Verzahnungskriterium ggf. vernachlässigt werden muß.

## 5. Geokunststoffe als Bewehrungselement von Erdbauwerken <sup>1)</sup>

	Parameter	Anforderung
1	Höchstzugkraft in Hauptrichtung	Gemäß der statischen Berechnung
2	Höchstzugkraft in Nebenrichtung	≥ 20 % der Höchstzugkraft der Hauptrichtung <sup>2)</sup>
3	Verbund zwischen den Bewehrungselementen der Haupt- und Nebenrichtung	An allen Kreuzungspunkten und für den Nutzungszeitraum dauerhaft
4	Reibungsverhalten mit dem umgebenden Boden	Experimentell zu bestimmen bzw. auf der sicheren Seite liegend zu wählen
5	Wasserdurchlässigkeit senkrecht $k_v$ bei 200 kPa Auflast	≥ 100 * $k$ des umgebenden Bodens <sup>3)</sup>

- 1) Erdbauwerke im Sinne dieser Anlage sind:
  - bewehrte Steilböschungen
  - bewehrte Stützbauwerke und
  - bewehrte Dämme.
- 2) Bei bewehrten Steilböschungen und bewehrten Stützbauwerken können unter Voraussetzung einer speziellen Lösung der Außenhaut auch linienförmige Bewehrungselemente (z.B. Bänder) verwendet werden. In diesem Fall entfällt die Forderung nach einer Höchstzugkraft in Nebenrichtung.
- 3) Diese Anforderung gilt bis zu einer Wasserdurchlässigkeit des umgebenden Bodens  $k \leq 1 * 10^{-5}$  m/s. Es werden keine größeren  $k_v$  - Werte bei 200 kPa Auflast als  $k_v = 10^{-3}$  m/s gefordert.

## 6. Geokunststoffe als Erosionsschutzelement <sup>1)</sup>

	Parameter	Anforderung
1	Höchstzugfestigkeit in beiden Hauptrichtungen	≥ 1,5 kN/m
2	Masse pro Flächeneinheit	≥ 250 g/m <sup>2</sup>
3	Masseanteil an biologisch abbaubaren Stoffen	≥ 50 %

- 1) Diese Anforderungen gelten nur für verrottbare und teilverrottbare Produkte mit einer Nutzungsdauer bis zu 2 Jahren, nicht für dauerhaftere Produkte, wie z.B. Krallmatten.

## 7. Geokunststoffe aus Geosynthetischen Tondichtungsbahnen (GTD) für abdichtende Maßnahmen in Erdbauwerken

	Parameter		Anforderung
1	Trägerschicht	Materialart	Mechanisch verfestigter PP- oder PE-HD-Vliesstoff oder PP- oder PE-HD-Gewebe
2		Masse pro Flächeneinheit	≥ 200 g/m <sup>2</sup>
	Parameter		Anforderung
3	Deckschicht	Materialart	Mechanisch verfestigter PP- oder PE-HD-Vliesstoff
4		Masse pro Flächeneinheit	≥ 200 g/m <sup>2</sup>

5	Mineralische	Materialart	Natriumbentonit oder aktivierter Calciumbentonit
6		Masse pro Flächeneinheit	≥ 4.000 g/m <sup>2</sup>
7	Verbund der Matte		vollflächig u. für den Nutzungszeitraum dauerhaft
8	Wasserdurchlässigkeit senkrecht $k_v$ bei 20 kPa Auflast		≤ 5 * 10 <sup>-11</sup> m/s
9	Höchstzugkraft in beiden Hauptrichtungen		≥ 8 kN/m
10	Scherfestigkeit in der Matte		≥ Scherfestigkeit zwischen Boden und Matte

Der Bentonit muß homogen und flächenhaft durchgehend verteilt sein, so daß er gleichmäßig aufquellen kann. Der Geokunststoff muß in trockenem und feuchten Zustand eine gleichmäßige Dicke aufweisen.

Für Überlappungen muß eine technische Lösung vorliegen, mit der unter Baustellenbedingungen eine den Anforderungen entsprechende Wasserundurchlässigkeit gewährleistet werden kann.

## 8. Geokunststoffe aus Kunststoffdichtungsbahnen (KDB) für abdichtende Maßnahmen in Erdbauwerken

	Parameter	Anforderung
1	Formmasse der KDB	PE-HD gemäß DIN 16776 <sup>1)</sup>
2	Dicke	≥ 2,0 mm <sup>2) 3)</sup>
3	Reißfestigkeit nach DIN 53455	≥ 20 N/mm <sup>2</sup>
4	Reißdehnung nach DIN 53455	≥ 450 %
5	Weiterreißwiderstand nach DIN 53363	≥ 250 N/mm
6	Kältesprödigkeit bei -20 °C nach DIN 53361	keine Risse
7	Maßänderungsverhalten bei 1 h Lagerung in 120 °C nach DIN 53377	≤ 1,5 %

- 1) Die Dichte der PE-Formmasse soll zwischen 0,939 g/cm<sup>3</sup> und 0,945 g/cm<sup>3</sup> liegen.
- 2) Außerhalb des Druckbereiches der Eisenbahnverkehrslast kann eine verminderte Dicke von ≥ 1,5 mm zugelassen werden.
- 3) Alle Strukturen zur Verbesserung des Reibungsverhaltens müssen außerhalb der Nenndicke liegen. Eine dauerhafte, homogene Verbindung zwischen Struktur und Basisplatte muß gewährleistet sein.

## 9. Geokunststoffe als Schutzelement für Kunststoffdichtungsbahnen (KDB), die für abdichtende Maßnahmen in Erdbauwerken eingesetzt werden

	Parameter	Anforderung
1	Art des Geokunststoffes	PP- oder PE-HD-Vliesstoff <sup>1)</sup>
2	Masse pro Flächeneinheit	≥ 500 g/m <sup>2</sup> <sup>2)</sup>
3	Dicke bei 20 kPa Auflast	≥ 2,5 mm <sup>2)</sup>
4	Stempeldurchdrückfestigkeit	≥ 2.500 N
5	Höchstzugkraft in beiden Hauptrichtungen	≥ 10 kN/m
6	Höchstzugkraftdehnung in beiden Hauptrichtungen	≥ 50 %
7	Wasserdurchlässigkeit senkrecht kv bei 20 kPa Auflast	≥ 1 * 10 <sup>-4</sup> m/s
8	Wasserdurchlässigkeit horizontal kh bei 20 kPa Auflast	≥ 1 * 10 <sup>-4</sup> m/s
9	Wirksame Öffnungsweite O <sub>90,W</sub>	0,06 ... 0,20 mm

- 1) Es darf auch ein Verbundstoff aus PP- oder PE-HD-Vliesstoff und zusätzlichen Geokunststoffelementen verwendet werden. Die zusätzlichen Geokunststoffelemente müssen dann ebenfalls aus PP oder PE-HD bestehen.
- 2) Die Forderungen an die Masse pro Flächeneinheit und an die Dicke bei 20 kPa gelten für Anwendungsfälle, bei denen keine erheblichen Beanspruchungen durch Verkehrsbelastungen auftreten und/oder der umgebende Boden nicht scharfkantig ist. Anderenfalls sind höhere Anforderungen an die Masse pro Flächeneinheit und an die Dicke bei 20 kPa zu stellen.

## 10. Geokunststoffe als Schutzelement bei der Abdichtung von Eisenbahntunneln in Untertagebauweise

	Parameter	Anforderung
1	Dicke bei 20 kPa Auflast und bei einer Masse pro Flächeneinheit von: ≥ 500 g/m <sup>2</sup> bis < 700 g/m <sup>2</sup> ≥ 700 g/m <sup>2</sup> bis < 1.000 g/m <sup>2</sup>	≥ 4mm ≥ 6 mm
2	Höchstzugkraft in beiden Hauptrichtungen bei einer Masse pro Flächeneinheit von: ≥ 500 g/m <sup>2</sup> bis < 700 g/m <sup>2</sup> ≥ 700 g/m <sup>2</sup> bis < 1.000 g/m <sup>2</sup>	≥ 7 kN/m ≥ 10 kN/m
3	Höchstzugkraftdehnung in beide Hauptrichtungen	≥ 70 %
4	Stempeldurchdrückkraft	≥ 1.500 N
5	Wasserdurchlässigkeit senkrecht kv bei 20 kPa Auflast	≥ 1 * 10 <sup>-3</sup> m/s
6	Wasserdurchlässigkeit horizontal kh bei 20 kPa Auflast	≥ 1 * 10 <sup>-3</sup> m/s
7	Brandverhalten und Brandnebenscheinungen	gem. DS 853 <sup>1)</sup>

- 1) In der DS 853, Anhang 13, Absätze 39 bzw. 34 werden folgende Forderungen an das Brandverhalten und die Brandnebenscheinungen gestellt:  
(Geokunststoffe als Schutzelement bei der Abdichtung von Eisenbahntunneln in Untertagebauweise nach DS 853) "... müssen hinsichtlich des Brandverhaltens nach DIN 4102

T. 15 (Brandschacht) geprüft werden und folgende Bedingungen erfüllen:

- Restlänge: > 15cm
- Rauchgastemperatur: < 200 °C
- Weiterbrennen abgefallener/ abgetropfter Teile auf Siebboden: < 20 s
- Rauchentwicklung innerh. 10 min: < 400 % \* 10 min.

## III. Rohstoffe und Ausrüstung

Folgende Rohstoffe und Ausrüstungen sind ohne gesonderten Nachweis der chemischen Beständigkeit zugelassen, wenn die umgebenden Medien einen pH-Wert ≥ 5 und ≤ 9 aufweisen:

- Polyester (PES)
- Polyethylen hochdicht (PEHD)
- Polypropylen (PP)
- aromatische Polyamide (Aramide)

Die verwendeten Verbindungsmaterialien, Ausrüstungen und Hilfsstoffe dürfen die Funktionstüchtigkeit des Geokunststoffes nicht beeinflussen. Sie dürfen ausser aus den genannten Rohstoffen aus folgenden Stoffen bestehen: PELD, Bitumen, PVC, Copolymeren (EVA - Latices)

## IV. Prüfverfahren

Für die Prüfverfahren der Eignungs-, Eigenüberwachungs- und Kontrollprüfungen und deren Umfang gilt die jeweils aktuelle Fassung des Merkblattes FGSV. (Tabelle 1, S. 44)

Die DB AG kann in eigener Verantwortung weitergehende Eignungsprüfungen auf Kosten des Herstellers / Lieferanten durchführen lassen.

Sämtliche Prüfungen nach gültigen Vorschriften werden im tBU durchgeführt.

Für Geokunststoffe, die als Bewehrungs- und Erosionsschutzelement (Punkt 5. und 6. Anwendungsfall) eingesetzt werden, ist eine objekt - bezogene Zustimmung des zuständigen Fachdienstes der DB AG erforderlich.

Bezugsquelle für die genannten Regelwerke:

### DB AG TL 918 39:

Deutsche Bahn AG, Postfach 12 07 23, 01008 Dresden

### Merkblatt FGSV, Heft 535:

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen - FGSV - 50973 Köln, Postfach 501362.