



Wasserbauwerke



Straßen-
u. Eisenbahnbau



Hochbau



Entwässerungs- und
Filtrationssysteme



Deponiebau

Landgewinnung
(Palm Island Dubai)



WINNING TOGETHER

Fibertex Geotextilien

Richtlinien für Entwurf, Anwendung und Verlegung

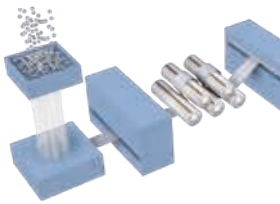
Inhalt

1. Vorwort4



- 1.1 Hintergrund4
- 1.2 Fibertex Geotextilien – Referenzen5

2. Materialien und Produktionsverfahren5



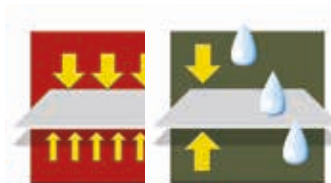
- 2.1 Materialien5
- 2.2 Produktionsverfahren6
- 2.3 Entwurf von Geotextilien7

3. Normen, Zulassungen und CE-Kennzeichnung8



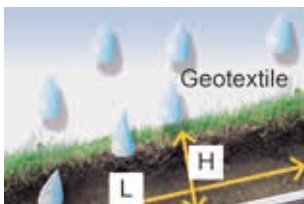
- 3.1 Hintergrund8
- 3.2 Europäischer Markt8
- 3.3 Nationale Anforderungen innerhalb Europas9
- 3.4 Fibertex und Zertifizierungen10
- 3.5 Fibertex Q-Match 10

4. Anwendungen, Funktionen und Eigenschaften von Geotextilien12



- 4.1 Anwendungen12
- 4.2 Funktionen13
- 4.3 Anwendungen und Hauptfunktionen14
- 4.4 Eigenschaften15
- 4.5 Ansatz für das Entwerfen mit Geotextilien16

5. Funktionen von Geotextilien – im Detail.....17



- 5.1 Hintergrund17
- 5.2 Trennung und Filtration17
- 5.3 Entwässerung25
- 5.4 Schutz28

6. Beschädigung während der Verlegung und erforderliche mechanische Festigkeit während der Nutzungsdauer	32
	
6.1 Hintergrund	32
6.2 Energieindex auf der Grundlage des Zugversuchs gemäß EN ISO 10319	33
6.3 Statischer Durchdrückwiderstand (EN ISO 12236)	33
6.4 Theoretisches Modell	34
6.5 Praktischer Ansatz für Fibertex Geotextilien	35
6.6 Entwurfsansatz von Fibertex	35
6.7 Verlegung in Entwässerungsgräben	36
6.8 Beispiel – Entwässerungsgraben	37
6.9 Wasserbauwerke	38
6.10 Beispiel – Küstenschutz	39
6.11 Straßenbau	40
6.12 Beispiel – Straßenbau	41
7. Anforderungen an die Haltbarkeit von Geotextilien	42
	
7.1 Hintergrund	42
7.2 Witterungsbeständigkeit	42
7.3 Beständigkeit gegenüber mikrobiologischem Abbau	43
7.4 Beständigkeit gegenüber chemischem Abbau und Oxidation	44
7.5 Haltbarkeit – Mindestanforderungen	44
8. Handhabung, Lagerung und Verlegung	45
	
8.1 Handhabung und Lagerung	45
8.2 Verlegen von Geotextilien	46
8.3 Verbindungen und Überdeckungen	46
9. Fibertex-Berechnungswerkzeuge	47
Anhang A	48
Symbole	49
Literaturverzeichnis	50

1 Einleitung

1.1 Hintergrund

Zweck dieses Leitfadens ist es, Planer, Ingenieure, Monteure und Anwender bei Entwurf, Anwendung und Verlegung von Geotextilien anzuleiten und zu unterstützen.

Die Verwendung von Geotextilien ist ein bekannter und immer wesentlicher werdender Bestandteil von Bauentwürfen und Lösungen. Die Idee ist nicht neu, denn die Stabilisierung und Verstärkung von Strukturen aus Holz erfolgt seit mehr als 1000 Jahren. Ein Beispiel dafür ist die Chinesische Mauer, dargestellt in Abbildung 1.1.



Abbildung 1.1 Die Chinesische Mauer, Beispiel für eine stabilisierte/bewehrte Struktur.

Das Angebot von Fibertex Nonwovens umfasst ein komplettes Sortiment an Geotextilien für den Einsatz in vielen verschiedenen Gebieten des Bauingenieurwesens. Die üblichsten Anwendungen sind:



Wasserbauwerke



Straßen- und Eisenbahnbau



Hochbau



Erdbauwerke



Entwässerungs- und Filtrationssysteme



Abfallentsorgung

Fibertex Nonwovens

Fibertex Nonwovens ist einer der marktführenden Hersteller von Vliesstoffen für Industrie und Technik. Mit seiner Unternehmenszentrale in Aalborg, Dänemark und Produktionsstätten in Dänemark, der Tschechischen Republik, Frankreich, den USA, der Türkei und Südafrika ist Fibertex weltweit vertreten. Seit der Gründung des Unternehmens im Jahr 1968 hat sich Fibertex kontinuierlich weiterentwickelt und fertigt heute Vliesstoffe für Kunden auf der ganzen Welt für den Einsatz in vielen verschiedenen Anwendungen.

Als wegbereitendes Unternehmen mit mehr als 50 Jahren Erfahrung im Bereich der Nadelvlies- und Spinnvliesstechnologie sowie dank der Beteiligung an weltweiten Projekten und Ausschüssen erworbener fundierter Kenntnisse kann Fibertex Nonwovens seinen Kunden einzigartige technische Dienstleistungen und Unterstützung bieten. Darüber hinaus hält Fibertex seine Produkte durch kontinuierliche Forschungs- und Entwicklungsarbeit ständig auf dem neuesten Stand.

Ausgangspunkt ist eine breite Palette von Produkten, die in verschiedenen Geschäftsfeldern eingesetzt werden:

Akustik, Automobilindustrie, Matratzen, Bauindustrie, Verbundwerkstoffe, Beton, Filtration, Bodenbeläge, Möbel, Geotextilien, Gartenbau, Haus & Garten

1.2 Fibertex Geotextilien – Referenzen

Die Qualität und Festigkeit von Fibertex Geotextilien wurde in einer Vielzahl von Projekten weltweit unter Beweis gestellt. Ein Beispiel hierfür ist der Bau der Palm Islands in Dubai, dargestellt in Abbildung 1.2, für die Fibertex Geotextilien für die Wasserbauwerke lieferte.

Darüber hinaus lieferte Fibertex Geotextilien für die Bauwerke zur Landgewinnung der Verbindung über den Großen Belt, ein Brücken- und Tunnelprojekt zwischen Fünen und Seeland in Dänemark, siehe Abbildung 1.3.



Abbildung 1.2 Fibertex Geotextilien wurden beim Bau der Palm Islands eingesetzt



Abbildung 1.3 Die Verbindung über den Großen Belt in Dänemark

Weitere Informationen zu Fibertex Geotextilien finden sie unter www.fibertex.com. Alle Geschäftsfälle sind im PDF-Format in deutscher, englischer, französischer, spanischer und tschechischer Sprache verfügbar.

2. Materialien und Produktionsverfahren

2.1 Materialien

Die Geotextilien der F-Reihe von Fibertex bestehen aus Fasern aus neuem PP-Material (Polypropylen). Polypropylen ist ein Nebenprodukt der Ölraffination.

Polypropylen ist ein thermoplastisches Material, es kann also bei hohen Temperaturen verarbeitet und geschmolzen werden, die in verschiedenen Phasen des Produktionsprozesses zum Einsatz kommen: Zur Herstellung von Fasern und zum thermischen Verfestigen des Vliesstoffs.

Nachfolgend sind einige der wichtigsten Eigenschaften von Polypropylen aufgeführt:

- Ausgezeichnete Belastbarkeit und hohe Rissbeständigkeit (d. h. hohe Zug- und Druckfestigkeit)
- Hohe Betriebstemperaturen mit einem Schmelzpunkt von 160 °C
- Äußerst beständig gegen die meisten Alkalien und Säuren, organische Lösungsmittel, Entfettungsmittel und elektrolytische Angriffe
- Ungiftig
- Nicht verfärbend

2.2 Produktionsverfahren

Die Produktion von Fibertex Geotextilien wird kontinuierlich weiterentwickelt.

Die Technologie zur Produktion von Nadelvlies, auch Trockenvliestechnik genannt, beruht auf einem zwei Schritte umfassenden Verfahren. Zunächst wird Polypropylenharz zu Fasern extrudiert. Danach werden diese Fasern kardiert und vernadelt und anschließend thermisch zu Vliesstoffen verbunden. Die fertigen Vliesstoffe sind in Breiten bis zu 6 Metern erhältlich.



Abbildung 2.1 Grafische Darstellung der Faserproduktion

Vom Granulat zur Faser – Schritt für Schritt

- Granulieren: Produktion von Stapelfasern. PP-Granulat wird der Faserextrusionslinie zugeführt.
- Extrudieren: Das PP-Granulat wird geschmolzen, extrudiert und zu PP-Endlosfasern gesponnen.
- Dehnen: Während des Dehnungsprozesses werden die Endlosfasern gestreckt, um spezifische Qualitäten und Eigenschaften zu erhalten.
- Verpressen: Die PP-Endlosfasern durchlaufen einen Verpressvorgang, um die Fasern weich und textilähnlich zu machen.
- Schneiden: Die PP-Endlosfasern werden in kurze Fasern geschnitten, die zu Stapelfasern verarbeitet werden können.
- Fasern: Die PP-Fasern werden zu Stapelfaserballen gepresst, die für die Nadelvliesproduktion verwendet werden können.

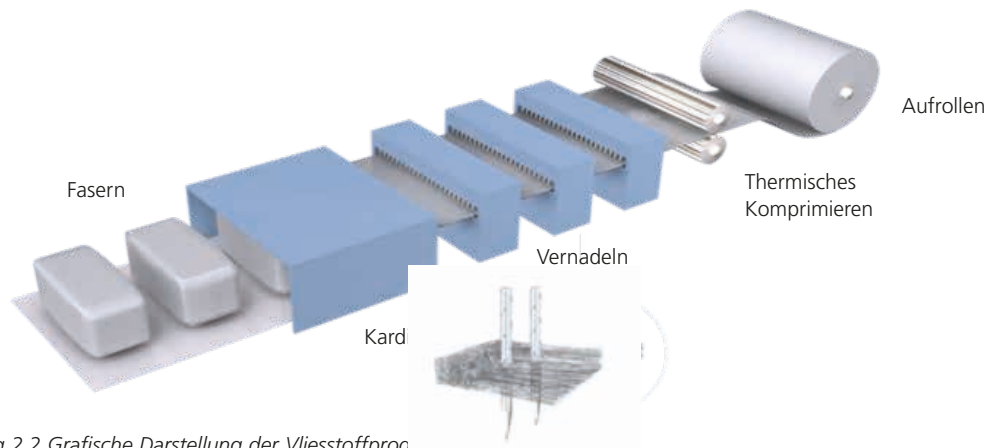


Abbildung 2.2 Grafische Darstellung der Vliesstoffproc

Von der Faser zum Vliesstoff – Schritt für Schritt

- Fasern: Trockenvlies-/Nadelvliestechnologie. Die Faserballen werden in Öffnungen für die Stapelfaserballen eingelegt.
- Kardieren: In der Kardierstrecke werden die Fasern getrennt und auf die Produktionslinie verteilt, wodurch ein lockeres, aber zusammenhängendes Faservliesmaterial entsteht.
- Vernadeln: Nach dem Kardieren werden die Fasern mittels eines Vernadelungsprozesses mechanisch verbunden und der Stoff straff und flexibel gemacht.
- Tehrmisches komprimieren: Der Stoff wird thermisch komprimiert und gestreckt, um den erforderlichen Vliesstoff mit optimalen Eigenschaften bezüglich Festigkeit, Oberflächenstruktur usw. zu bilden.
- Aufrollen: Abschließend wird der Stoff zur Qualitätskontrolle gescannt, aufgerollt und in Schutzfolie verpackt.

2.3 Entwerfen von Vlies-Geotextilien

Beim Entwerfen eines Geotextils für eine bestimmte Anwendung ist äußerst wichtig, dass die erwarteten Funktionen des Geotextils im Voraus bekannt sind. Auf dieser Grundlage ist es möglich, die geforderten Eigenschaften des Geotextils durch Sicherstellen der richtigen Entwurfsauslegung genau zu spezifizieren:

- Auswahl der geeigneten Rohstoff- und Materialeigenschaften.
- Auswahl der richtigen Stabilisierung des Rohstoffs, um eine lange Haltbarkeit sicherzustellen.
- Auswahl der richtigen Faserlänge und -dicke.
- Auswahl der geeigneten Auslegung des Vernadelungsprozesses.
- Auswahl des richtigen thermischen Komprimierungsniveau, um die erforderliche Festigkeit, Dehnung und Abriebfestigkeit sicherzustellen.

Aufgrund der richtigen Kombination der oben genannten Parameter sind Fibertex Geotextilien einzigartig. Nach dem horizontalen Auslegen sorgt die intensive Vernadelung dafür, dass die Fasern vertikal fixiert werden. Das Ergebnis ist ein festes und flexibles dreidimensionales Produkt, das klare Vorteile hinsichtlich aller Parameter von Geotextilien bietet und in Kombination mit dem es umgebenden Boden ein echtes „Geotextil“ bildet. Abbildung 2.3 zeigt eine Darstellung des dreidimensionalen Vliesstoffs.

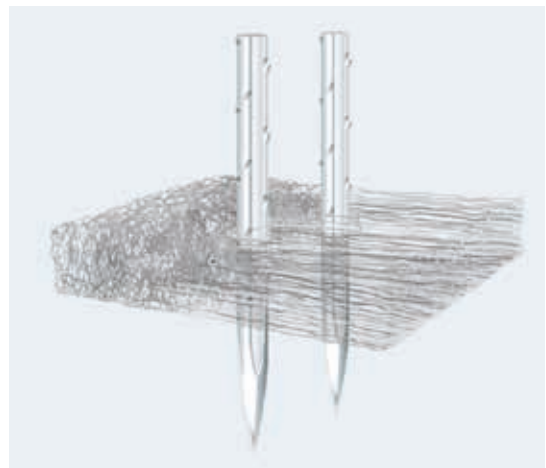


Abbildung 2.3 Dreidimensionales Fibertex Geotextil

3. Normen, Zulassungen und CE-Kennzeichnung

3.1 Hintergrund

Fibertex Nonwovens A/S ist ein weltweiter Anbieter von Geotextilien und wird damit den Anforderungen verschiedener Märkte und Regionen gerecht. Die Prüfung und Bewertung der Eigenschaften der Geotextilien erfolgt hauptsächlich in Bezug auf:

- EN-Normen, die europaweit verbindlich sind.
- ISO-Normen, die weltweit anerkannt sind.
- ASTM-Normen, die US-Normen darstellen, jedoch auch im Mittleren Osten, im Fernen Osten und in Afrika weit verbreitet sind.

Die Produkte von Fibertex werden nach den oben genannten Normen geprüft und bewertet und Produktdatenblätter sind auf der Website von Fibertex verfügbar.

3.2 Europäischer Markt

Für den europäischen Markt werden die Produkte auf der Grundlage harmonisierter EN-Normen mit der CE-Kennzeichnung versehen. Die harmonisierten Normen decken die grundlegenden Anforderungen ab, wie sie von der Europäischen Kommission in der Bauprodukteverordnung definiert wurden. In Abbildung 3.1 wird dargestellt, in welcher Beziehung EN-, ISO- und ASTM-Normen sowie andere nationale Normen stehen.

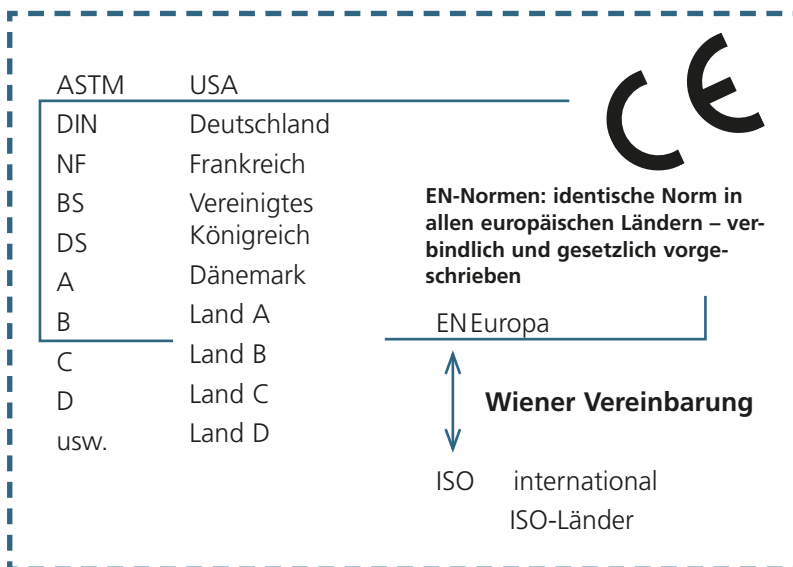


Abbildung 3.1 Die CE-Kennzeichnung ersetzt nationale Normen innerhalb Europas.

Im Rahmen der CE-Kennzeichnung werden auf der Grundlage einer Risikoanalyse verschiedene Zertifizierungsstufen festgelegt, welche die Folgen und Risiken eines Produktversagens bewerten. Für Geotextilien ist die Zertifizierungsstufe 2+ für die Funktionen „Filtration“, „Entwässerung“, „Schutz“ und „Bewehrung“ bzw. 4 für die Funktion „Trennung“. Da die Funktion „Trennung“ niemals allein festgelegt wird, ist die für Geotextilien erforderliche Zertifizierungsstufe in der Praxis immer 2+.

Konformitätsbescheinigung		Bewertung des Produkts		Werkseigene Produktionskontrolle (WPK)	Bewertung der werkseigenen Produktionskontrolle	
		Erste Typenprüfung	Stichprobenprüfungen		Erstinspektion von Werk und WPK	Kontinuierliche Überwachung der WPK
Zertifizierung	1+	Dritte	Dritte	Hersteller	Dritte	Dritte
	1	Dritte	Hersteller	Hersteller	Dritte	Dritte
	2+	Hersteller		Hersteller	Dritte	Dritte
Erklärung	2	Hersteller		Hersteller	Dritte	ggf. Dritte
	3	Dritte		Hersteller	-	-
	4	Hersteller		Hersteller	-	-

Abbildung 3.2 CE-Kennzeichnung und Zertifizierungsstufen

Daraus folgt, dass die CE-Kennzeichnung (Zertifizierungsstufe 2+) dem Anwender bzw. Käufer die folgende Qualitätssicherung bietet, siehe Abbildung 3.2:

- Zertifizierung der werkseigenen Produktionskontrolle (WPK) durch zugelassene Dritte
- Konformitätserklärung des Herstellers
- Erste Typenprüfung durch den Hersteller
- Werkseigene Produktionskontrolle durch den Hersteller
- Musterprüfung nach Prüfplan durch den Hersteller
- Kontinuierliche Überwachung der WPK durch zugelassene Dritte

In vielen Ländern und Regionen wird die CE-Kennzeichnung als unzureichend für Produkte angesehen, die in Bauwerken mit langer Nutzungsdauer und hohem Sicherheitsniveau verwendet werden. Dies hat zur Entwicklung verschiedener nationaler bzw. regionaler Qualitätszertifizierungssysteme geführt.

3.3 Nationale Anforderungen innerhalb Europas

In Ergänzung der CE-Kennzeichnung haben verschiedene Länder und Regionen nationale Anforderungen etabliert, die spezifische Anforderungen an Qualitätssicherung und Bewertung durch Dritte beinhalten. Die Produktpalette von Fibertex umfasst Produkte, die gemäß diesen nationalen/regionalen Anforderungen zertifiziert sind:

Asqual-Zertifizierung: Frankreich 	Zertifizierung NorGeoSpec: Nordische Länder 	Industrieverband Geokunststoffe IVG Bewertung durch Dritte: Deutschland 
--	--	--

3.4 Fibertex und Zertifizierungen

Die Ausrichtung der nationalen/regionalen Zertifizierungssysteme entspricht weitgehend der Strategie von Fibertex als Hersteller und Lieferant hochwertiger Produkte. Dies bedeutet auch, dass die allgemeinen Produktions- Logistik- und Vertriebssysteme so eingerichtet sind, dass sie dieser höheren Qualitätssicherungsebene entsprechen, die integraler Bestandteil der unterschiedlichen nationalen Zertifizierungssysteme wie in Abbildung 3.3 dargestellt ist.

	CE-Kennzeichnung	NorGeoSpec-Zertifizierung	Asqual-Zertifizierung	IVG-Zertifizierung
Rechtscharakter	Verbindlich	Frei	Frei	Frei
Organisation des Prozesses	Benannte Stelle	Zertifizierungsstelle	Zertifizierungsstelle	Zertifizierungsstelle
Technischer Ausschuss einschließlich Anwender	Nein	Ja	Ja	Nein
Ringversuch in mehreren Labors	Nein	(Ja)	Ja	Nein
Zertifizierungsstelle	Ja	Ja	Ja	Ja
Akkreditiertes Labor	Nein	Ja	Ja	Ja
Unabhängigkeit von Hersteller und Labor	Nein	Ja	Ja	Nein

Abbildung 3.3 Unterschiedliche nationale bzw. regionale QS-Systeme im Vergleich zur CE-Kennzeichnung

3.5 Fibertex Nonwovens Q-Match

Zur kontinuierlichen Überwachung der Produktion von Geotextilien und um auf praktische und effiziente Weise ein gleichbleibend hohes Qualitätsniveau sicherzustellen, hat Fibertex ein vollständig integriertes Qualitätskontrollsystem mit dem Namen Q-Match entwickelt.

Wie in Abbildung 3.4 dargestellt handelt es sich bei Q-Match um ein digital integriertes Qualitätsmanagementsystem, das in der gesamten Fibertex Group umgesetzt wurde. Es beginnt bei der Auftragserfassung. Während des gesamten Produktionsprozesses ermöglicht das System eine unmittelbare elektronische Kontrolle der Produktqualität und Prozessfähigkeit gemäß Kundenvorgaben. Q-Match trägt zu verbesserter und einheitlicher Qualität bei und minimiert dabei Fehler und Abfälle. Besser für unsere Kunden – und für die Umwelt.

Die Vorteile sind:

- 100% digitale Interaktion zwischen Planungswerkzeug, ERP-System (ERP = Enterprise Resource Planning), Qualitätssicherung und Prüfdatenbank
- Rohstofffreigabe durch elektronischen Abgleich mit Lieferantenvorgaben
- Automatische Produktüberwachung durch kontinuierliche Auswertung von Prüfdaten durch Abgleich mit Produktvorgaben
- Berechnung statistischer Werte während der Produktion
- Online-Visualisierung von Produkteigenschaften mittels Trendkurven
- Nur freigegebenes Material kann für den Versand gescannt werden

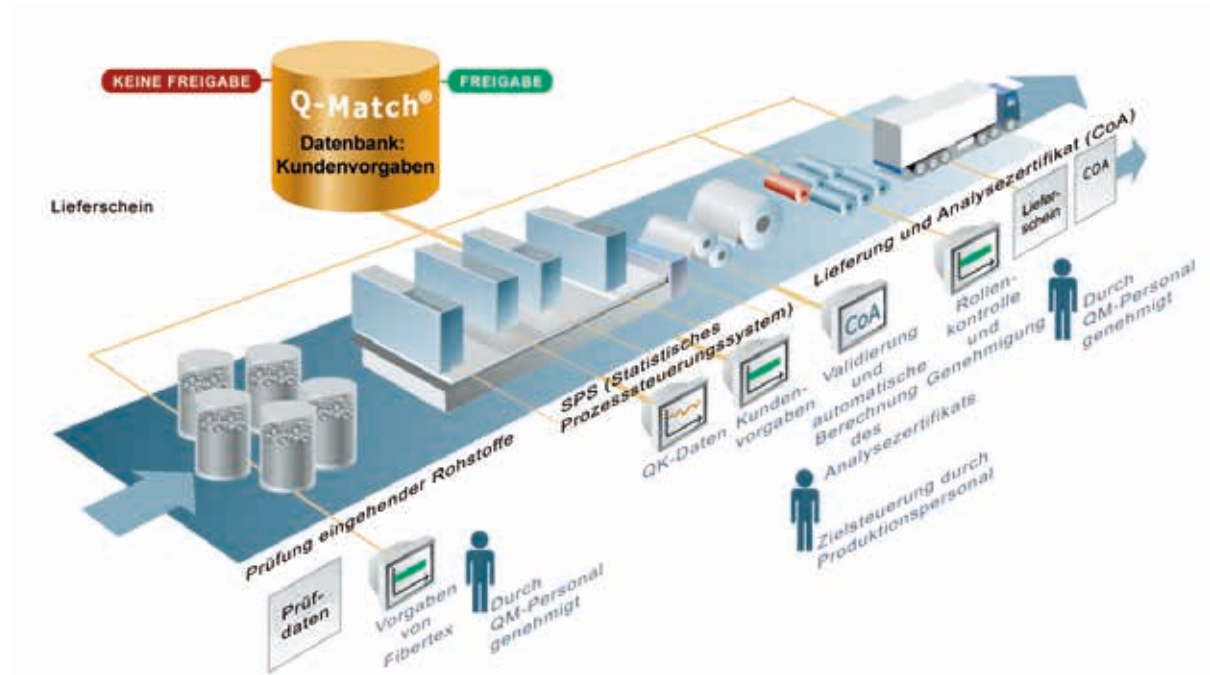


Abbildung 3.4 Q-Match – das vollständig digital integrierte Qualitätsmanagementsystem von Fibertex

4. Anwendungen, Funktionen und Eigenschaften von Geotextilien

4.1 Anwendungen

Geotextilien werden häufig in geotechnischen und baulichen Anwendungen wie Straßen und Eisenbahnen, Erdbauwerken, Entwässerungs- und Filtrationssystemen, Wasserbauwerken und vielen anderen Anwendungen eingesetzt. Zur Unterstützung von Planern und Anwendern wurden verschiedene Anwendungsnormen festgelegt. Eines der Hauptziele der europäischen Normierungsarbeit ist die Einrichtung harmonisierter Normen, die Leitlinien für die Festlegung der relevanten Eigenschaften von Geotextilien und geotextilverwandten Produkten beim Einsatz in verschiedenen Anwendungen enthalten. In Abbildung 4.1 wird die Liste der harmonisierten Anwendungsnormen dargestellt.

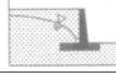
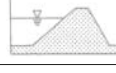
	DIN EN 13249	Bau von Straßen und sonstigen Verkehrsflächen
	DIN EN 13250	Eisenbahnbau
	DIN EN 13251	Erd- und Grundbau sowie Stützbauwerke
	DIN EN 13252	Dränanlagen
	DIN EN 13253	Erosionsschutzanlagen
	DIN EN 13254	Bau von Rückhaltebecken und Staudämmen
	DIN EN 13255	Kanalbau
	DIN EN 13256	Tunnelbau und Tiefbauwerke
	DIN EN 13257	Deponien für feste Abfallstoffe
	DIN EN 13265	Projekte zum Einschluss flüssiger Abfallstoffe

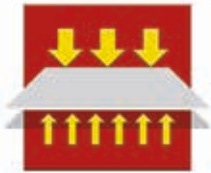
Abbildung 4.1 Europäische harmonisierte Anwendungsnormen für Geokunststoffe

Diese Normen decken die wichtigsten Anwendungen von Geotextilien ab. Dank ihrer besonderen Eigenschaften werden Fibertex Geotextilien für viele weitere Anwendungen in der Bauindustrie sowie in anderen Industrien eingesetzt, die nicht in Normen beschrieben werden, aber dennoch weit verbreitet sind. Weitere Informationen finden Sie unter www.fibertex.com.

4.2 Funktionen

Je nach Anwendung sind „Trennung“, „Filtration“, „Entwässerung“, „Schutz“ und „Bewehrung“ die wichtigsten Funktionen von Geotextilien. Bei den meisten Anwendungen erfüllt das Geotextil eine Reihe verschiedener Funktionen.

Die Funktionen werden im Folgenden kurz definiert:



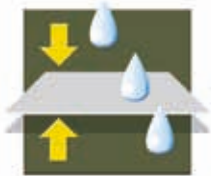
Trennung

Trennung ist die grundlegende Anwendung von Geotextilien und wird im Straßen- und Eisenbahnbau häufig eingesetzt.

In den EN-ISO-Normen ist die Trennfunktion definiert als **„Das Verhindern der Vermischung benachbarter ungleicher Böden und/oder Füllmaterialien durch den Einsatz eines Geotextils.“**

Vorteile:

- Verhindert das Vermischen von Bauschichten
- Erhöht die Tragfähigkeit durch Vermeidung von Materialverlust in den Untergrund
- Verbessert die Verdichtungseigenschaften der Aggregatschicht
- Sorgt für langfristige Stabilität der Fundamentschichten



Filtration

Geotextilien werden hauptsächlich zur Filtration in Entwässerungssystemen für den Straßen- und Eisenbahnbau sowie in Küstenschutzsystemen, Flüssen, Kanälen, Rückhaltebecken und Abfalldeponien eingesetzt.

In den EN-ISO-Normen ist die Filtrationsfunktion definiert als **„Das Zurückhalten von Boden oder anderen Partikeln, die hydrodynamischen Kräften ausgesetzt sind, während Flüssigkeiten in oder durch ein Geotextil gelangen können.“**

Vorteile:

- Verhindert das Eindringen von Feinmaterial in grobes Material aufgrund von Wasserfluss im Boden
- Erhält den Wasserfluss im Boden bei nur minimalem Druckverlust aufrecht
- Verhindert das Eindringen von Feinmaterial infolge von Pumpwirkung aufgrund dynamischer Lasten wie Verkehr



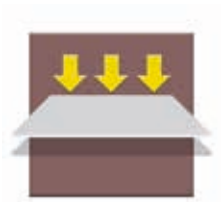
Entwässerung

Geotextilien werden häufig zur Entwässerung von Erdbaustrukturen, Baustellen und Umweltstrukturen eingesetzt.

In den EN-ISO-Normen ist die Entwässerungsfunktion definiert als **„Das Sammeln und Transportieren von Niederschlag, Grundwasser und/oder sonstigen Flüssigkeiten in der Ebene des Geotextils.“**

Vorteile:

- Reduziert den Wasserstand und verringert den Öffnungsdruck im Boden
- Geotextilien als Entwässerungselement stellen eine einfach und klar definierte Lösung dar
- Der Einsatz von Geotextilien als Entwässerungselemente bietet eine hohe Entwässerungsleistung pro Volumen im Vergleich zu herkömmlichen Kiesschichten zur Entwässerung
- Sorgt dafür, dass Wasser und/oder sonstige Flüssigkeiten bei minimalem Druckverlust abgeleitet werden
- Sorgt für dauerhafte Entwässerung



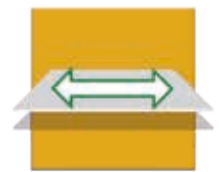
Schutz

Geotextilien werden häufig zum Schutz von Auskleidungen in Abfalldeponien und im Tunnelbau eingesetzt, um die Unversehrtheit eines Dichtungsmaterials (z. B. einer Geomembran) beim Aufbringen von Füllmaterial und/oder Lasten sicherzustellen.

In den EN-ISO-Normen ist die Schutzfunktion definiert als **„Das Verhindern bzw. Begrenzen lokaler Beschädigung eines gegebenen Elements bzw. Materials durch den Einsatz eines Geotextils.“**

Vorteile:

- Sorgt für hohen, lang andauernden Schutz der Abdichtungsmembran
- Der Einsatz schützender Geotextilien stellt eine klar definierte und zuverlässige Lösung dar
- Einfache Verlegung im Vergleich zu Bodenschichten



Bewehrung

Die Bewehrung typischer Strukturen wie Stützbauwerke und Ufereinfassungen erfolgt heute überwiegend durch Geogitter. Geotextilien werden häufig in Kombination mit Geogittern eingesetzt, um die Trennungs- und Filtrationsfunktionen sicherzustellen. Für kleinere Bewehrungsarbeiten können Vliese aus Fibertex Geotextilien ausreichend sein, aber in der Regel erfordert die Bewehrung ein härteres Material.

In den EN-ISO-Normen ist die Bewehrungsfunktion definiert als **„Nutzung des Spannungs-Dehnungsverhaltens eines Geotextils oder eines geotextilverwandten Produkts zur Verbesserung der mechanischen Eigenschaften des Bodens oder anderer Baustoffe“.**

Vorteile:

- Kostengünstige und sichere Lösung für die Bewehrung von Stützbauwerken und Ufereinfassungen auf weichen Böden
- Verbessert Bodenstabilisierung und Tragfähigkeit

4.3 Anwendungen und Hauptfunktionen

In Abbildung 4.2 unten werden die wichtigsten Funktionen je nach Anwendung basierend auf den europäischen Normen aufgeführt.

Anwendung	Hauptfunktionen				
	Trennung	Filtration	Entwässerung	Schutz	Bewehrung
Straßen	x	x			x
Eisenbahnen	x	x			x
Erdbau	x	x			x
Dränanlagen	x	x	x		
Erosionsschutz	x	x			x
Rückhaltebecken und Staudämme	x	x		x	x
Kanäle	x	x		x	x
Tunnel und Tiefbauwerke				x	
Deponien für feste Abfallstoffe	x	x		x	x
Einschluss flüssiger Abfallstoffe	x	x		x	x

Abbildung 4.2 Relevante Funktionen in verschiedenen Anwendungen

Um sicherzustellen, dass das Geotextil in den verschiedenen Funktionen und Anwendungen eingesetzt werden kann, müssen die relevanten Eigenschaften des Geotextils in Abhängigkeit von den erforderlichen Bodenverhältnissen, hydraulischen Bedingungen und mechanischen Eigenschaften festgelegt werden. Darüber hinaus müssen die Verlegebedingungen und die erforderliche Haltbarkeit bewertet werden, damit die entsprechend geforderten Eigenschaften des Geotextils festgelegt werden können.

4.4 Eigenschaften

In Abbildung 4.3 werden die relevanten Eigenschaften in Abhängigkeit von der Funktion aufgeführt. Zusammen mit Abbildung 4.2 „Relevante Funktionen in verschiedenen Anwendungen“ beschreibt sie die ersten Schritte zur Unterstützung von Planern bei der Festlegung der erforderlichen Eigenschaften für die zu verwendenden Geotextilien.

Merkmal	Verfahren	Trennung	Filtration	Entwässerung	Schutz	Bewehrung
Zugfestigkeit	DE EN ISO 10319	V	V	V	V	V
Bruchdehnung	DE EN ISO 10319	V	V	V	V	V
Stempeldurchdruckversuch (CBR-Versuch)	DE EN ISO 12236	V	V	V	V	V
Dynamischer Kegelfallversuch	DE EN ISO 13433	V	V	V	V	V
Scheuerbeanspruchung	DE EN ISO 13427	T	T			T
Reibungseigenschaften	DE EN ISO 12957	T	T	T	T	V
Zugkriechen	DE EN ISO 13431					V
Druckkriechen	DE EN ISO 25619				T	
Schutzwirksamkeit	DIN EN 13719				V	
Pyramidendurchdruckwiderstand	DIN EN 14574				V	
Charakteristische Öffnungsweite	DE EN ISO 12956	V	V			
Wasserdurchlässigkeit normal zur Ebene	DE EN ISO 11058	V	V			
Wasserableitvermögen in der Ebene	DE EN ISO 12958			V		
Witterungsbeständigkeit	DIN EN 12224	V	V	T	V	V
Sonstige Haltbarkeit, chemisch und biologisch		T	T	T	T	T

Abbildung 4.3 Relevante Merkmale in Abhängigkeit von den erforderlichen Funktionen

V = Verbindlich in allen Fällen. (In den Normen wird dies beschrieben als H = Erforderlich für die Harmonisierung und A = Relevant für alle Anwendungsbedingungen.)
T = Teilweise relevant je nach Anwendungsbedingungen.

4.5 Ansatz für das Entwerfen mit Geotextilien

Im Entwurfsprozess gibt es mehrere Aspekte, die Planer berücksichtigen müssen. Um sicherzustellen, dass alle relevanten Überlegungen berücksichtigt werden, kann das in Abbildung 4.4 dargestellte Flussdiagramm als einfacher Leitfaden durch die verschiedenen Prozessschritte verwendet werden.

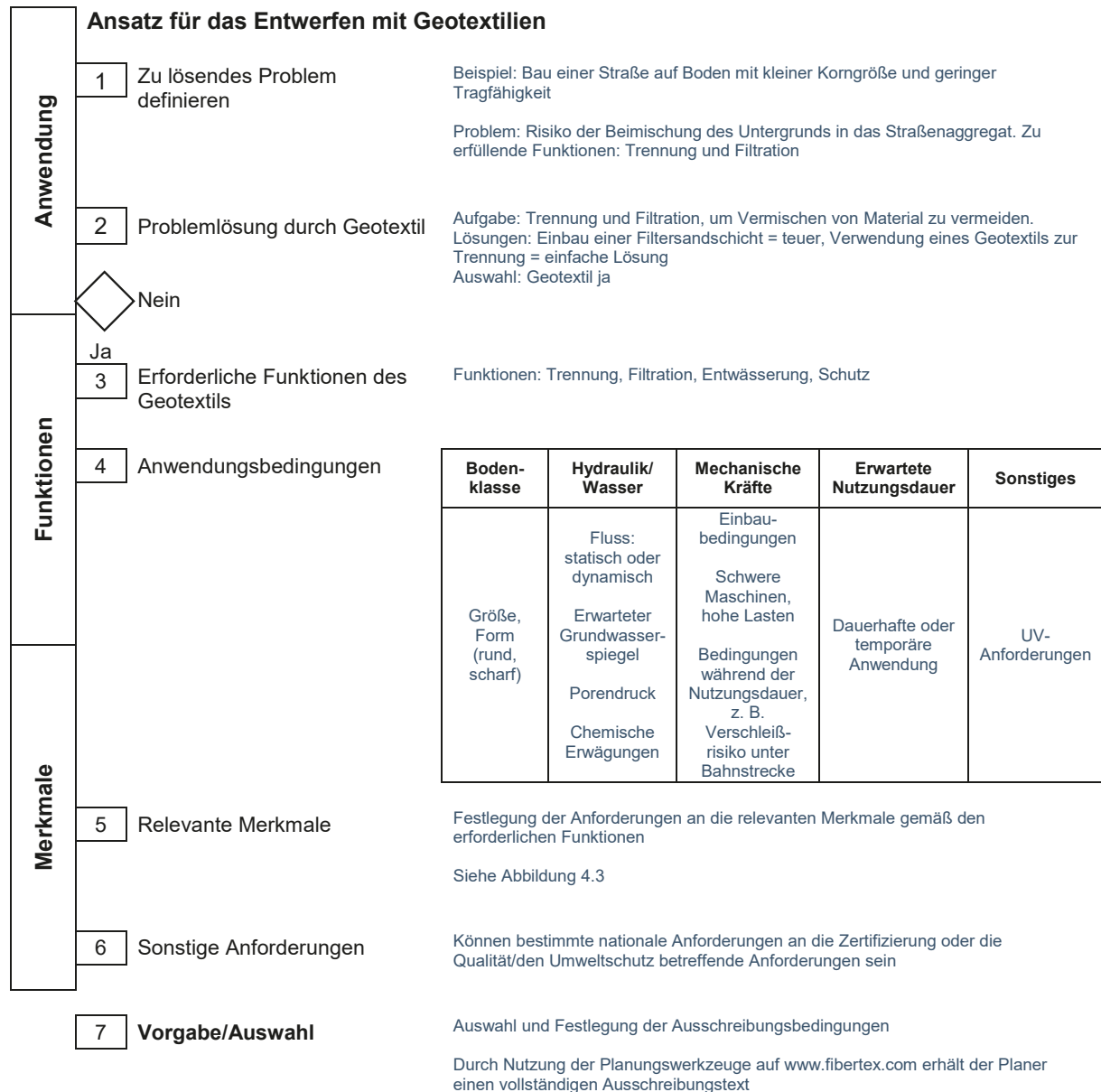


Abbildung 4.4 Ansatz für das Entwerfen mit Geotextilien

Spezifischere Konstruktionen und Merkmale in Abhängigkeit von den erforderlichen Funktionen und Anwendungen werden in Kapitel 5 beschrieben.

5. Funktionen von Geotextilien – im Detail

5.1 Hintergrund

Für eine bestimmte Funktion müssen drei Arten von Merkmalen wie in Abbildung 5.1 dargestellt berücksichtigt werden, um einen vollständigen Entwurf anzufertigen:

- Funktionsmerkmale
- Merkmale im Zusammenhang mit der Beständigkeit gegenüber Beschädigungen während Verlegung und Nutzungsdauer
- Merkmale im Zusammenhang mit Aspekten der Haltbarkeit des Geotextils

Funktion	Merkmale des Geotextils
1. Trennung (Bodenrückhalteeigenschaften des Geotextils)	Charakteristische Öffnungsweite
2. Filtration (Durchlässigkeit des Geotextils)	Wasserdurchlässigkeit normal zur Ebene
3. Entwässerung (Entwässerungsleistung des Geotextils)	Wasserableitvermögen in der Ebene
4. Schutz (Schutzwirksamkeit des Geotextils)	Schutzwirksamkeit, Pyramidendruckwiderstand
Beständigkeit gegenüber Beschädigungen während Verlegung und Nutzungsdauer	Merkmale des Geotextils
5. Beständigkeit gegenüber Beschädigungen während Verlegung und Nutzungsdauer	Zugfestigkeit und -dehnung, Energieindex, CBR-Festigkeit usw.
Haltbarkeit	Merkmale des Geotextils
6. Haltbarkeit	Witterungsbeständigkeit, erwartete Nutzungsdauer, chemische Beständigkeit usw.

Abbildung 5.1 Drei Arten von Merkmalen, die beim Entwerfen mit Geotextilien erforderlich sind

In den folgenden Kapiteln werden die relevanten Funktionsmerkmale für die einzelnen Funktionen ausführlich beschrieben, während die Merkmale im Zusammenhang mit der Beständigkeit gegenüber Beschädigungen während Verlegung und Nutzungsdauer in Kapitel 6 bzw. 7 ausführlich beschrieben werden.

5.2 Trennung und Filtration



5.2.1 Trennung

Trennung ist die grundlegende Anwendung von Geotextilien und wird beim Bau von Infrastrukturen häufig eingesetzt.

In den EN-ISO-Normen ist die Trennfunktion definiert als **„Das Verhindern der Vermischung benachbarter ungleicher Böden und/oder Füllmaterialien durch den Einsatz eines Geotextils.“**

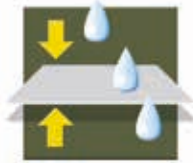
In Abbildung 5.2 wird das die Trennfunktion beschreibende Funktionsmerkmal hervorgehoben. Das wichtigste Funktionsmerkmal ist die charakteristische Öffnungsweite.

Die Funktion „Trennung“ wird niemals allein festgelegt, da in jedem Fall Überlegungen zu Anforderungen des Wasserbaus mit berücksichtigt werden müssen.



Funktion	Merkmale des Geotextils
1. Trennung (Bodenrückhalteeigenschaften des Geotextils)	Charakteristische Öffnungsweite

Abbildung 5.2 Trenneigenschaft eines Geotextils



5.2.2 Filtration

Geotextilien werden häufig zur Filtration im Straßen- und Eisenbahnbau sowie im Küstenschutz eingesetzt.

In den EN-ISO-Normen ist die Filtrationsfunktion definiert als **„Das Zurückhalten von Boden oder anderen Partikeln, die hydrodynamischen Kräften ausgesetzt sind, während Flüssigkeiten in oder durch ein Geotextil gelangen können.“**

Die charakteristische Öffnungsweite von Geotextilien ist hauptsächlich darauf ausgelegt, Partikel zurückzuhalten und gleichzeitig den ungehinderten Fluss von Wasser zu gestatten, wodurch es möglich wird, zwei Schichten bei Wasserbautätigkeiten zu trennen. Eine Schichtmigration, die die Tragfähigkeit der Konstruktion verringern würde, wird dadurch vermieden und gleichzeitig wird der Wasserfluss bei minimalem Druckverlust aufrechterhalten.



In Abbildung 5.3 werden die Funktionsmerkmale zur Beschreibung der Funktionen Filtration und Trennung aufgeführt. Die wichtigsten Funktionsmerkmale sind die charakteristische Öffnungsweite und die Wasserdurchlässigkeit normal zur Ebene.

Funktion	Merkmale des Geotextils
1. Trennung (Bodenrückhalteeigenschaften des Geotextils)	Charakteristische Öffnungsweite
2. Filtration (Durchlässigkeit des Geotextils)	Wasserdurchlässigkeit normal zur Ebene

Abbildung 5.3 Filtrations- und Trenneigenschaft eines Geotextils

Zu diesem Thema gibt es viele verschiedene Theorien. Verschiedene Autoren haben ihre eigenen Entwurfsregeln in Bezug auf die charakteristischen Partikelgrößen des Untergrundes und die den Geotextilien eigenen Kennwerte beschrieben. Im Folgenden werden die Grundprinzipien dargelegt und es erfolgt eine Zusammenfassung der Filtrationskriterien, die von den bekanntesten internationalen Experten festgelegt wurden.

Natürlicher Filter/Überbrückung

Die Öffnungsweite eines effizienten Geotextils sollte klein genug sein, um größere Bodenpartikel zurückzuhalten und so eine Erosion des Bodens zu verhindern. Es ist allgemein anerkannt, dass ein bestimmter Prozentsatz der Bodenpartikel kleiner als die größte Öffnungsweite des Geotextils ist und es somit zu einem Verlust der kleinsten Bodenpartikel kommt. Allerdings hört dieser nach einer gewissen Zeit aufgrund der Bildung eines natürlichen Filters auf. Ein natürlicher Filter ist eine körnige Schicht, aus der die feineren Partikel ausgewaschen werden und deren verbleibender gröberer Anteil somit als Filtermedium für den Untergrund dient. Dies wird auch als ein überbrückendes Netz von Partikeln bezeichnet.

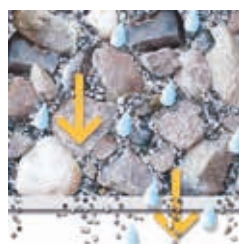
Das Geotextil wirkt wie ein Katalysator: Es fördert ein Gleichgewicht zwischen Partikeln nach dem begrenzten Auswaschen feinerer Partikel durch das Herstellen einer selbstfilternden Zone (Überbrückung) im Übergangsbereich.

Die Anforderungen an die Funktion eines Geotextilfilters lassen sich wie folgt ausdrücken:

- Durchlässigkeit freier Bodenpartikel durch das Geotextil ermöglichen
- Stabilität der Bodenstruktur durch Aufbau eines natürlichen Filters erhalten
- Ausreichende Durchlässigkeit des Geotextils über die gesamte Nutzungsdauer der Anwendung aufrechterhalten



Instabile Feinpartikel in der anfänglichen Bodenstruktur.



Instabile Feinpartikel werden durch den Geotextilfilter ausgewaschen.



Durch die Schaffung einer Überbrückung im Boden wird eine stabile Bodenstruktur hergestellt.

5.2.3 Entwerfen eines Geotextilfilters

Bei der Entscheidung über den Gesamtentwurf eines Geotextilfilters sind alle Merkmale in Abbildung 5.4 zu berücksichtigen.

Funktion	Merkmale des Geotextils
1. Trennung (Bodenrückhalteeigenschaften des Geotextils)	Charakteristische Öffnungsweite
2. Filtration (Durchlässigkeit des Geotextils)	Wasserdurchlässigkeit normal zur Ebene
Beständigkeit gegenüber Beschädigungen während Verlegung und Nutzungsdauer	Merkmale des Geotextils
5. Beständigkeit gegenüber Beschädigungen während Verlegung und Nutzungsdauer	Zugfestigkeit und -dehnung, Energieindex, CBR-Festigkeit usw.
Haltbarkeit	Merkmale des Geotextils
6. Haltbarkeit	Witterungsbeständigkeit, erwartete Nutzungsdauer, chemische Beständigkeit usw.

Abbildung 5.4 Filtereigenschaften eines Geotextils

1. und 2. beziehen sich auf das spezifische Filterkonzept. 5. und 6. beziehen sich auf die spezifische Anwendung und mehr auf die Verlege- und Wartungsbedingungen sowie die erwartete Nutzungsdauer des Produkts. Im Folgenden wird die hydraulische Konstruktion beschrieben, während in Kapitel 7 Aspekte der Haltbarkeit und in Kapitel 6 die Beständigkeit gegenüber Beschädigungen während Verlegung und Nutzungsdauer beschrieben werden.

Abhängig vom Boden und den hydraulischen Verhältnissen können die folgenden Entwurfskriterien angewendet werden.

Erforderliche hydraulische Eigenschaften

Für eine optimale Funktion muss die charakteristische Öffnungsweite des Geotextils den Bodenverhältnissen entsprechen. Wenn die charakteristische Öffnungsweite zu groß ist, können die Bodenpartikel durch das Geotextil gelangen, während bei zu geringer Durchlässigkeit des Geotextils der Wasserfluss durch das Produkt unzureichend ist.

Der zu berücksichtigende Wasserfluss kann in einen statischen und einen dynamischen Fluss aufgeteilt werden:

- Statischer Wasserfluss (in eine Richtung): z. B. Abflüsse und herkömmliche Entwässerungsbauwerke
- Dynamischer Wasserfluss: z. B. horizontale Filter wie unter Gleisschotter, Wasserbau- und Küstenschutzbauwerken

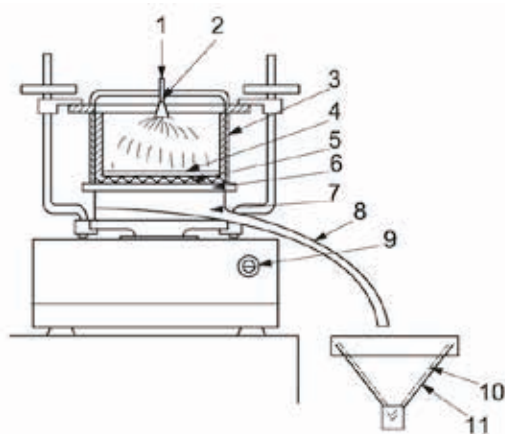
Die wichtigsten hydraulischen Parameter des Geotextils sind:

1. **O_{90%}** Charakteristische Öffnungsweite [μm] nach EN ISO 12956
2. **V_{H50}** Geschwindigkeitsindex zum Ausdruck der Durchlässigkeit durch das Geotextil [m/sec] nach EN ISO 11058.

Charakteristische Öffnungsweite, O_{90%}

O_{90%} ist die charakteristische Öffnungsweite eines Geotextils, die in μm (Mikron) ausgedrückt wird, und gibt im Wesentlichen an, welche Korngrößen durch das Geotextil gelangen können. Die Messung erfolgt durch Nasssieben einer vordefinierten Kornmischung zu Prüfzwecken und **d_{90%}** des durch das Geotextil gelangenden Materials = **O_{90%}**.

Die Prüfprinzipien werden in Abbildung 5.5 dargestellt; die Abbildung zeigt darüber hinaus ein Beispiel dafür, wie die Öffnungsweite von der Korngrößen-Verteilungskurve abgelesen werden kann.



Legende

- 1 Wasserzufuhr
- 2 Sprühdüse(n)
- 3 Klemmvorrichtung
- 4 körniges Material
- 5 Geotextil
- 6 Stützgitter
- 7 Wanne
- 8 Verbindungsschlauch
- 9 Amplitudenregler
- 10 Filterpapier
- 11 Auffangvorrichtung

Kumulative Kurven des Prüfbodens, durch das Muster gelangter Boden und Bestimmung von O_{90}

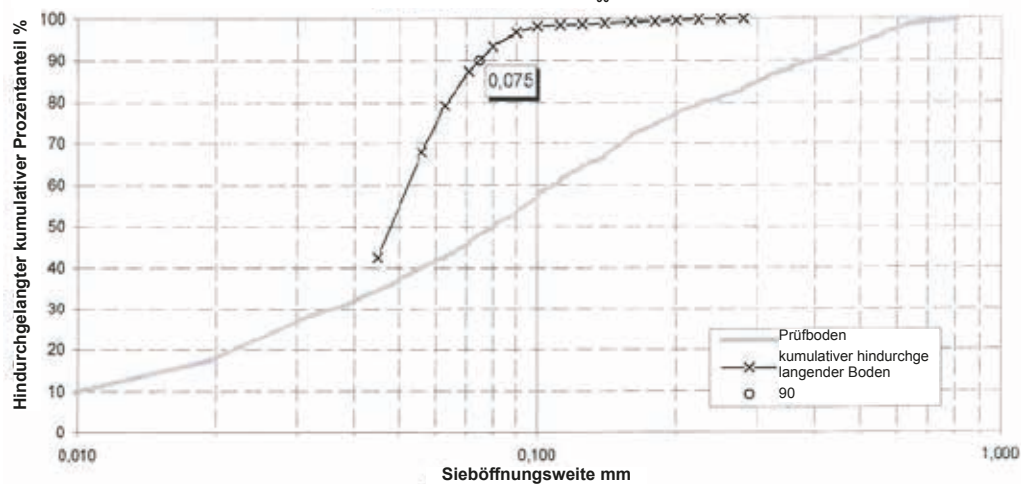


Abbildung 5.5 Prinzipieller Aufbau zur Prüfung der Öffnungsweite nach EN ISO 12956/EN ISO 12956

Basierend auf den Bodenklassifikationen und den hydraulischen Verhältnissen können die in Abbildung 5.6 aufgeführten Anforderungen angewendet werden:

	Langsamer Wasserfluss: Gräben, Lagerflächen usw.	Bidirektionaler Fluss oder dynamische Lasten
Bodenklassifikation	Öffnungsweite $O_{90\%}$ gemäß EN ISO 12956 (μm)	
Schluff	Bewertung ausstehend	Bewertung ausstehend
Ton, feiner Ton	63 - 200	63 - 100
Tonhaltige Sande (Korngröße $U < 5$)	63 - 150	63 - 100
Tonhaltige Sande (Korngröße $U > 5$)	63 - 300	63 - 180
Sand (Korngröße $U < 5$)	63 - 150	63 - 100
Sand (Korngröße $U > 5$)	63 - 300	63 - 180
Kies	63 - 500	63 - 300

Abbildung 5.6 Anforderung an die Öffnungsweite eines Geotextils abhängig von der Bodenklassifikation. /Auszug aus NF G 38-061/

Das Entwerfen mit Geotextilien mit Öffnungsweiten von 63-100 μm ermöglicht es, die meisten Situationen mit statischen und dynamischen Wasserflüssen abzudecken.

Beim Einsatz von Geotextilien in schluffigen Böden kann es schwierig sein, einen natürlichen Filter zu etablieren. In diesen Situationen kann es vorteilhaft sein, eine dünne Schicht Filtersand zwischen Boden und Geotextil einzubringen, da dies auch die Fließgeschwindigkeit erhöht.

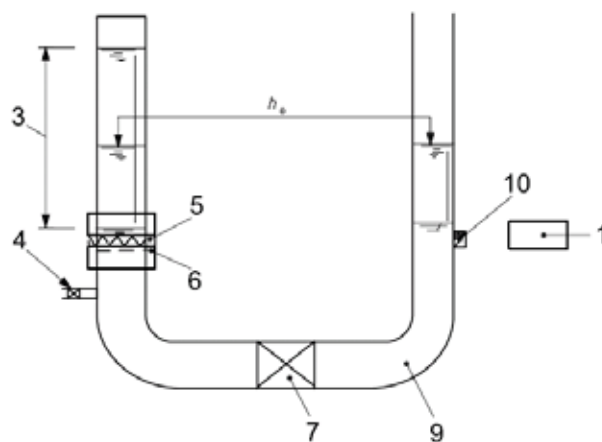
Durchlässigkeit und Geschwindigkeitsindex des Geotextils

Es ist offensichtlich, dass die Durchlässigkeit des Geotextils höher sein sollte als die Durchlässigkeit des Bodens. Der Durchlässigkeitskoeffizient normal zur Ebene des Geotextils muss größer sein als die Durchlässigkeit des Bodens einschließlich eines Sicherheitsfaktors FOS:

$$k_{\text{Geotextil}} > \text{FOS} \cdot k_{\text{Boden}} \quad \text{wobei}$$

$k_{\text{Geotextil}}$ der Durchlässigkeitskoeffizient des Geotextils
 k_{Boden} der Durchlässigkeitskoeffizient des Bodens und
 FOS ein Sicherheitsfaktor ist.

Die Durchlässigkeit von Geotextilien wird normalerweise ausgedrückt durch den Geschwindigkeitsindex V_{H50} , gemessen gemäß EN ISO 11058 mit einer Druckhöhe von 50 mm. Das Prüfprinzip wird in Abbildung 5.7 dargestellt.



Legende

- 1 Analogschreiber oder Rechner
- 2 Wägezelle
- 3 Wasserstands-differenz bei Prüfungsbeginn
- 4 Ablassventil
- 5 Geotextil
- 6 Stützgitter
- 7 Hauptventil
- 8 flexibler Verbindungsschlauch
- 9 starrer Verbindungsschlauch
- 10 Druckmesser

Abbildung 5.7 Prinzipieller Aufbau zur Geschwindigkeitsindexprüfung nach EN ISO 11058 unter Anwendung der Methode der fallenden Druckhöhe. IEN ISO 11058/

In Anwendung des Darcy-Gesetzes können die Durchlässigkeitskriterien wie folgt ausgedrückt werden:

$$V_{H50, \text{Geotextil}} > \text{FOS} \cdot k_{\text{Boden}} \cdot i_{\text{Boden}} \quad \text{wobei}$$

$V_{H50, \text{Geotextil}}$ der gemessene Geschwindigkeitsindex des Geotextils
 k_{Boden} der Durchlässigkeitskoeffizient des Bodens
 i_{Boden} das hydraulische Gefälle im Boden und
 FOS ein Sicherheitsfaktor ist, der Unsicherheiten abdeckt in Bezug auf:

- Umfang der Druckhöhe
- Art des Bauwerks
- hydraulische Gegebenheiten
- Abnahme der Durchlässigkeit während der Nutzungsdauer, z. B. verursacht durch mechanisches und chemisches Verstopfen

Der Literatur ist zu entnehmen, dass die Werte für den FOS zwischen 1 und 1000 liegen und äußerst schwierig festzulegen sein können. (NG G 38-184 und John Bowders 2002, „Training on drainage and filters“, 7. ICG, Nizza 2002/.

In Abbildung 5.8 sind die typischen Gefälle im Bauingenieurwesen dargestellt.

Anwendung	Typisches hydraulisches Gefälle i_{Boden}
Standardmäßiger Entwässerungsgraben	1
Vertikaler Wandablauf	1,5
Ablauf im Bordstein	1
Auffang- und Ablaufsystem für Sickerwasser in Deponie	1,5
geschlossenes Auffang- und Ablaufsystem für Oberflächenwasser in Deponie	1,5
Dammfußablauf	2
Dammkerne aus Ton	3 -> 10
Binnenkanalschutz	1
Küstenschutz	10

Abbildung 5.8: Typische hydraulische Gefälle im Bauingenieurwesen / Giroud J. P., 1996. Granulatfilter und Geotextilfilter im Bauingenieurwesen

In der Praxis kann ein Zusammenhang zwischen der Art des Bodens (Grad der Durchlässigkeit) und einem vorgeschlagenen erforderlichen Geschwindigkeitsindex V_{H50} angewendet werden. Diese Beziehung ist in Abbildung 5.9 dargestellt.

Bodenklassifikation	Durchlässigkeit	Typischer erforderlicher min. Geschwindigkeitsindex V_{H50}
Schluff	Boden mit geringer Durchlässigkeit $k = 10^{-5}-10^{-6}$ m/s	$5 \cdot 10^{-3}$ m/s
Ton, feiner Ton	Boden mit sehr geringer Durchlässigkeit $k = 10^{-6}-10^{-13}$ m/s	$0,5 \cdot 10^{-3}$ m/s
Tonhaltige Sande (Korngröße $U < 5$)	Boden mit sehr geringer Durchlässigkeit $k = 10^{-6}-10^{-13}$ m/s	$0,5 \cdot 10^{-3}$ m/s
Tonhaltige Sande (Korngröße $U > 5$)	Boden mit sehr geringer Durchlässigkeit $k = 10^{-6}-10^{-13}$ m/s	$0,5 \cdot 10^{-3}$ m/s
Sand (Korngröße $U < 5$)	Durchlässiger Boden $k = 10^{-4}-10^{-5}$ m/s	$10 \cdot 10^{-3}$ m/s
Sand (Korngröße $U > 5$)	Durchlässiger Boden $k = 10^{-4}-10^{-5}$ m/s	$10 \cdot 10^{-3}$ m/s
Kies	Boden mit hoher Durchlässigkeit $k = 10^{-2}-10^{-4}$ m/s	$30 \cdot 10^{-3}$ m/s

Abbildung 5.9 Typischer erforderlicher Geschwindigkeitsindex des Geotextils abhängig von der Bodenklassifikation

Die Anwendung dieser Werte entspricht einem Sicherheitsfaktor (FOS) in Böden mit hoher Durchlässigkeit im Bereich von 10, während der Sicherheitsfaktor bei Böden mit geringer Durchlässigkeit, die feineres Material enthalten, abhängig vom tatsächlichen hydraulischen Gefälle im Bereich von 500 liegt.

Bei der Wahl des richtigen FOS sind natürlich auch die Art des Bauwerks und das damit verbundene Risikoniveau zu berücksichtigen.

5.2.4 Beispiel – Entwässerungsgraben

Ein herkömmlicher Entwässerungsgraben, siehe Abbildung 5.10, soll mit dem geeigneten Geotextil in Bezug auf Filtration und Trennung entworfen werden.

Eine Siebanalyse wurde am Boden in der Umgebung vorgenommen, deren Ergebnisse in Abbildung 5.11 dargestellt werden.

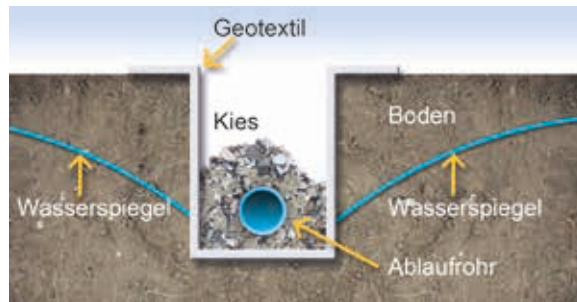


Abbildung 5.10: Verlegung in Entwässerungsgräben

Der Boden ist ein Sand mit Korngröße $U = d_{60}/d_{10} = 1,2/0,1 = 12$ d. h. > 5 .

Nach Abbildung 5.9 beträgt die min. V_{H50} gemäß EN ISO 11058:

$$\text{Min. } V_{H50} = 10 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$$

Nach Abbildung 5.6 beträgt die min. Öffnungsweite $O_{90\%}$ gemäß EN ISO 12956:

$$\text{Öffnungsweite } O_{90\%} = 63 - 300 \text{ } \mu\text{m}.$$

Ein vollständiger Entwurf muss Anforderungen an die Beständigkeit gegenüber Beschädigungen während Verlegung und Nutzungsdauer sowie Haltbarkeitseigenschaften enthalten; siehe Kapitel 6 und 7.

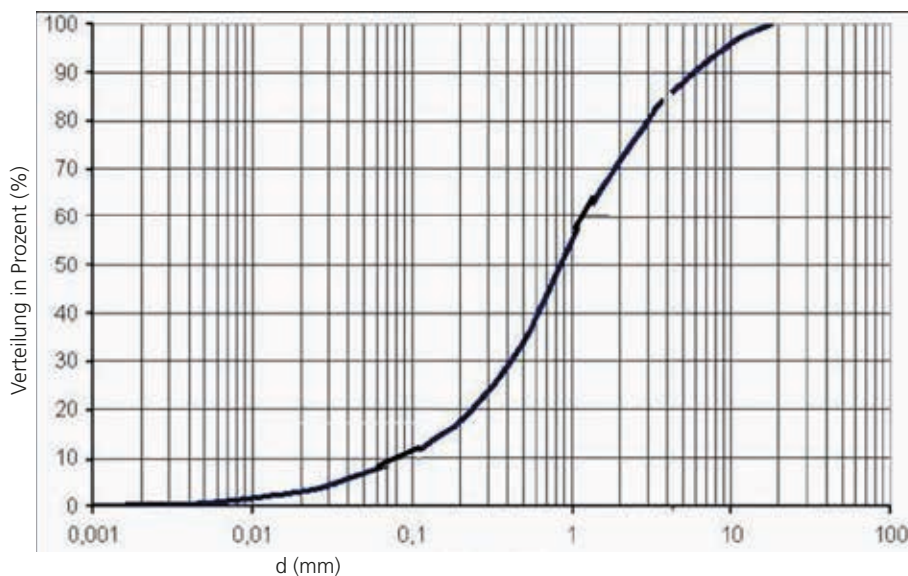


Abbildung 5.11 Korngrößenkurve für zu filternden Boden

5.2.5 Beispiel – Wasserbauwerk

Ein Küstenschutz mit Deckgestein und einem Geotextil zur Trennung und Filtration soll wie in der Abbildung unten dargestellt eingerichtet werden.

Das Geotextil dient als Filtrations- und Trennelement zwischen dem bis zu 400 kg schweren Deckgestein und dem Untergrund, der aus tonhaltigem Sand mit einer Korngröße von $U = d_{60}/d_{10} < 5$ besteht.

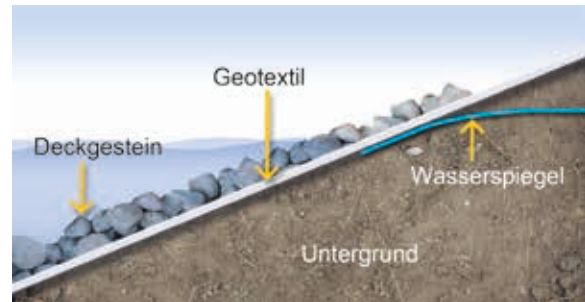


Abbildung 5.12 Küstenschutzbauwerk mit Deckgestein und Geotextil

Nach Abbildung 5.9 beträgt die min. V_{H50} gemäß EN ISO 11058:
Min. $V_{H50} = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$

Nach Abbildung 5.6 beträgt die min. Öffnungsweite $O_{90\%}$ gemäß EN ISO 12956:
Öffnungsweite $O_{90\%} = 63 - 100 \text{ }\mu\text{m}$.

Ein vollständiger Entwurf muss Anforderungen an die Beständigkeit gegenüber Beschädigungen während Verlegung und Nutzungsdauer sowie Haltbarkeitseigenschaften enthalten; siehe Kapitel 6 und 7.

5.2.6 Entwurfsansatz von Fibertex

Aufgrund unterschiedlicher nationaler Vorgaben, Qualitätszertifizierungen und Entwurfsrichtlinien können die erforderlichen Qualitätsstufen und Merkmale in den einzelnen Ländern abweichen. In diesem Fall ersetzen diese Anforderungen die mit Verfahren aus diesem Hinweis berechneten Anforderungen.

Zur Erstellung vollständiger Entwurfsvorgaben einschließlich der Anforderungen an die Beständigkeit gegenüber Beschädigungen während Einbau und Nutzungsdauer sowie Haltbarkeitseigenschaften kann das Berechnungswerkzeug auf www.fibertex.com verwendet werden.

5.3 Entwässerung



5.3.1 Entwässerungsleistung eines Geotextils

Geotextilien werden häufig zur Entwässerung von Erdbaustrukturen und Baustellen eingesetzt.

In den EN-ISO-Normen ist die Entwässerungsfunktion definiert als **„Das Sammeln und Transportieren von Niederschlag, Grundwasser und/oder sonstigen Flüssigkeiten in der Ebene des Geotextils.“**



Die Funktion eines Entwässerungselements beschreibende Merkmale:

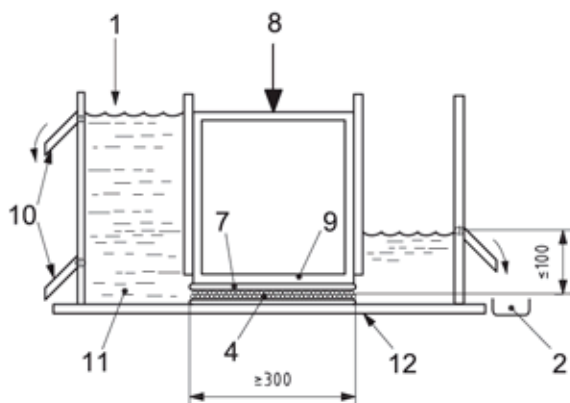
Funktion	Merkmale des Geotextils
3. Entwässerung (Entwässerungsleistung des Geotextils)	Wasserableitvermögen in der Ebene

Abbildung 5.13 Entwässerungseigenschaft eines Geotextils

Zusammen mit der Entwässerungsfunktion sind die Filtrations- und Trennfunktion normalerweise ebenfalls erforderlich, damit das Wasser aus dem Boden in der Umgebung aufgenommen werden kann.

Wasserableitvermögen in der Ebene des Geotextils $q_{\text{Geotextil}}$

Das Wasserableitvermögen des Geotextils wird nach EN ISO 12958 gemessen, siehe Abbildung 5.14. Die Messungen erfolgen bei verschiedenen hydraulischen Gefällen und unter Anwendung verschiedener normaler Druckspannungen.



Legende

- 1 Wasserzufuhr
- 2 Wasserauffang
- 3 Manometer
- 4 Geotextil
- 5 Membran
- 6 Druckzelle
- 7 Schaumstoff
- 8 Last
- 9 Lastplatte
- 10 Überlaufwehre bei hydraulischen Gefällen 0,1 und 1,0
- 11 Wasserrückhaltebecken
- 12 Sockel

Abbildung 5.14 Prinzipieller Aufbau zur Prüfung des Wasserableitvermögens in der Ebene nach EN ISO 12958./EN ISO 12958/

5.3.2 Entwerfen eines Geotextil-Entwässerungselements

Bei der Entscheidung über den vollständigen Entwurf eines Geotextil-Entwässerungselements sind die folgenden Aspekte zu berücksichtigen:

Funktion	Merkmale des Geotextils
1. Trennung (Bodenrückhalteeigenschaften des Geotextils)	Charakteristische Öffnungsweite
2. Filtration (Durchlässigkeit des Geotextils)	Wasserdurchlässigkeit normal zur Ebene
3. Entwässerung (Entwässerungsleistung des Geotextils)	Wasserableitvermögen in der Ebene
Beständigkeit gegenüber Beschädigungen während Verlegung und Nutzungsdauer	Merkmale des Geotextils
5. Beständigkeit gegenüber Beschädigungen während Verlegung und Nutzungsdauer	Zugfestigkeit und -dehnung, Energieindex, CBR-Festigkeit usw.
Haltbarkeit	Merkmale des Geotextils
6. Haltbarkeit	Witterungsbeständigkeit, erwartete Nutzungsdauer, chemische Beständigkeit usw.

Abbildung 5.15 Entwässerungs- und Filtrationseigenschaften eines Geotextils

1. und 2. beziehen sich auf die Filterkonzeption, während 5. und 6. sich auf die spezifische Anwendung und mehr auf die Verlege- und Wartungsbedingungen sowie die erwartete Nutzungsdauer des Produkts beziehen. Unten wird das Entwässerungskonzept, 3. Entwässerungsleistung beschrieben, während in Kapitel 7 Aspekte der Haltbarkeit und in Kapitel 6 die Beständigkeit gegenüber Beschädigungen während Einbau und Nutzungsdauer beschrieben werden.

Erforderliches Wasserableitvermögen je Einheitenbreite, q_{Entwurf}

Das erforderliche Wasserableitvermögen in der Ebene wird auf der Grundlage der abzuleitenden Wassermenge berechnet. Das Wasserableitvermögen in der Ebene wird als die Menge an Wasser ausgedrückt, die innerhalb eines bestimmten Zeitraums über eine bestimmte Breite des Geotextils abgeleitet wird.

Das notwendige Wasserableitvermögen in der Ebene q_{Entwurf} kann festgelegt werden als:

$$q_{\text{Entwurf}} = \frac{Q}{l \cdot i} = \Theta \cdot i$$

Wobei:

Q = über die gesamte Breite des Ablaufs abzuleitende Wassermenge
[m³/sec]

W = Breite des Ablaufs [m]

i = hydraulisches Gefälle (h/l) = $\sin \beta$ siehe Abbildung 5.16.

Wobei $i=1$ für vertikale Abläufe.

Θ = Transmissivität [m²/s]

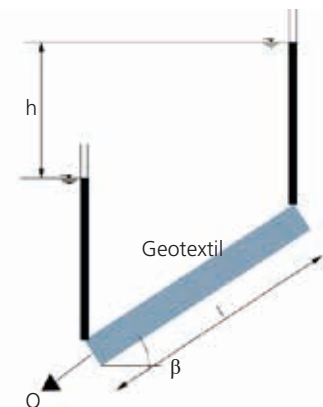


Abbildung 5.16 Berechnung des hydraulischen Gefälles für geneigte Abläufe

Die allgemeinen Entwurfskriterien können ausgedrückt werden als

$$q_{\text{Geotextil}} > \text{FOS} \cdot q_{\text{Entwurf}}$$

FOS ist ein Sicherheitsfaktor, der Unsicherheiten abdeckt in Bezug auf:

- Abnahme des Wasserableitvermögens in der Ebene während der Nutzungsdauer, beispielsweise verursacht durch chemisches und biologisches Verstopfen
- Lokale Verformungen
- Reduzierung des Wasserableitvermögens in der Ebene während der Nutzungsdauer, beispielsweise verursacht durch Druckkriechen

Die Wahl des richtigen FOS schließt natürlich auch Überlegungen zur Art des Bauwerks und das damit verbundene Risikoniveau ein. Der Literatur ist zu entnehmen, dass ein typischer Wert für den FOS zwischen 1 und 10 liegt und äußerst schwierig festzulegen sein kann. /John Bowders 2002, „Training on drainage and filters“, 7. ICG, Nizza 2002/.

5.3.3 Beispiel – Entwässerung eines Dachgartens

Das Prinzipschema des Bauwerks wird in Abbildung 5.17 in der Form eines geeigneten Dachgartens dargestellt.

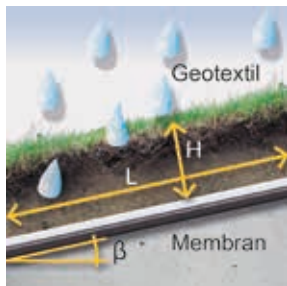


Abbildung 5.17 Entwässerung auf einem geneigten Dachgarten

Legende

L Länge der Neigung

H Höhe des Oberbodens

γ Volumengewicht des Oberbodens

q_{Regen} Regenwasserfluss

β Neigungswinkel des Geotextils zur Entwässerung

Entwurf des Geotextils im Vergleich zur Entwässerungsfunktion mit den folgenden Daten:

$L = 10 \text{ m}$

$H = 1,0 \text{ m}$

$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$

$q_{\text{Regen}} = 1 \text{ l/m}^2 \text{ h}$

$i = 0,01, \beta = 0,6$

Normale Druckspannung auf das Geotextil:

$$\sigma_n = 1,0 \text{ m} \cdot 19 \text{ kN/m}^3 \cos^2 0,6 = 19 \text{ kPa}$$

Abzuleitender Wasserfluss:

$$q_{\text{Entwurf}} = q_{\text{Regen}} \cdot L \cos \beta = 1 \text{ l/m}^2 \text{ h} \cdot 10 \text{ m} \cos 0,6 = 10 \text{ l/m h}$$

Mindestanforderung an das Geotextil unter der Annahme, dass ein Sicherheitsfaktor (FOS) von 5 repräsentativ für die Anwendung ist:

$$q_{\text{Geotextil}}(\sigma_n, i) = q_{\text{Geotextil}}(19 \text{ kPa}, 0,01) = 5 \cdot 10 \text{ l/m h} = 50 \text{ l/m h} \text{ bei einer normalen Druckspannung von min. } 19 \text{ kPa} \text{ und einem Gefälle von } 0,01.$$

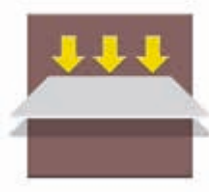
Bei dauerhaften Entwässerungsbauwerken sollte auch eine Bewertung des Druckkriechens des Entwässerungselements vorgenommen werden.

5.3.4 Entwurfsansatz von Fibertex

Aufgrund unterschiedlicher nationaler Vorgaben, Qualitätszertifizierungen und Entwurfsrichtlinien können die erforderlichen Qualitätsstufen und Merkmale in den einzelnen Ländern abweichen. In diesem Fall ersetzen diese Anforderungen die mit Verfahren aus diesem Hinweis berechneten Anforderungen.

Zur Erstellung vollständiger Entwurfsvorgaben einschließlich der Anforderungen an die Beständigkeit gegenüber Beschädigungen während Einbau und Nutzungsdauer sowie Haltbarkeitseigenschaften kann das Berechnungswerkzeug auf www.fibertex.com verwendet werden.

5.4 Schutz



5.4.1 Schutz

Geotextilien werden häufig zum Schutz von Auskleidungen in Abfalldeponien, im Tunnelbau und in anderen Tiefbauwerken eingesetzt, um die Unversehrtheit des Dichtungsmaterials (z. B. einer Geomembran) beim Aufbringen von Füllmaterial und/oder Lasten sicherzustellen. Der Einsatz von Geotextilien hat sich auch beim Schutz von Membranen in künstlich angelegten Seen und Wasserrückhaltebecken bewährt.

In den EN-ISO-Normen ist die Schutzfunktion definiert als **„Das Verhindern bzw. Begrenzen lokaler Beschädigung eines gegebenen Elements bzw. Materials durch den Einsatz eines Geotextils.“**



In Abbildung 5.18 werden die Schutzfunktion beschreibenden Funktionsmerkmale aufgeführt. Die wichtigsten Funktionsmerkmale sind Schutzwirksamkeit und Pyramidendurchdruckwiderstand.

Funktion	Merkmale des Geotextils
4. Schutz (Schutzwirksamkeit des Geotextils)	Schutzwirksamkeit, Pyramidendurchdruckwiderstand

Abbildung 5.18 Schutzwirksamkeitseigenschaften eines Geotextils

5.4.2 Entwerfen eines Geotextils mit Schutzfunktion

Bei der Entscheidung über den vollständigen Entwurf eines Geotextil-Schutzelements sind die folgenden Aspekte zu berücksichtigen.

Funktion	Merkmale des Geotextils
4. Schutz (Schutzwirksamkeit des Geotextils)	Schutzwirksamkeit, Pyramidendurchdruckwiderstand
Beständigkeit gegenüber Beschädigungen während Verlegung und Nutzungsdauer	Merkmale des Geotextils
5. Beständigkeit gegenüber Beschädigungen während Verlegung und Nutzungsdauer	Zugfestigkeit und -dehnung, Energieindex, CBR-Festigkeit usw.
Haltbarkeit	Merkmale des Geotextils
6. Haltbarkeit	Witterungsbeständigkeit, erwartete Nutzungsdauer, chemische Beständigkeit usw.

Abbildung 5.19 Merkmale eines für die Schutzfunktion entworfenen Geotextils

4. bezieht sich direkt auf die Schutzleistung des Produkts. 5. und 6. beziehen sich auf die spezifische Anwendung und mehr auf die Verlege- und Wartungsbedingungen sowie die erwartete Nutzungsdauer des Produkts. Die hydraulischen Eigenschaften des Geotextils sind häufig von Bedeutung. Die Filtration und Trennung betreffende Entwurfsaspekte werden in Kapitel 5.1, die Entwässerung betreffende Entwurfsaspekte in Kapitel 5.2 behandelt.

Dies bedeutet, dass für die Schutzfunktion die mechanischen Eigenschaften entscheidend sind. Das Geotextil muss von der darüberliegenden Schicht ausgeübtem lokalem Druck standhalten, diesen Verteilen und somit sicherstellen, dass das geschützte Material nicht bis zum Versagen belastet wird.

Im Lauf der Jahre wurden verschiedene Feld- und Fallstudien durchgeführt, um zu untersuchen, welche Eigenschaften des Geotextils am wichtigsten für den Schutz des Membran Lineres sind. Es werden unterschiedliche Ansätze verfolgt, die häufig auf empirischen Kenntnissen beruhen. Die folgenden mechanischen Eigenschaften eines schützenden Geotextils werden gegenwärtig als einige der wichtigsten angesehen:

- Zugfestigkeit und Bruchdehnung, ausgedrückt als Energieindex [kJ/m]. Basierend auf EN ISO 10319.
- Statischer Durchdrückwiderstand (CBR-Versuch) [N]. Gemäß EN ISO 12236
- Dynamischer Durchschlag (Kegelfallversuch) [mm]. Gemäß EN ISO 13433

Dennoch wurden in den harmonisierten Normen zwei Schutzmerkmale definiert, um die Eigenschaften der Funktionsmerkmale zu beschreiben. Dadurch wird die Verwendung der Dicke oder der Masse je Flächeneinheit in der Vorgabe vermieden, die nur in einem sehr weiten Zusammenhang mit der tatsächlichen Schutzwirksamkeit stehen. Bei großen Deponieprojekten wird die Schutzwirksamkeit häufig durch eine Prüfung des Geotextils zusammen mit der jeweils eingesetzten Geomembran bewertet.

- Schutzwirksamkeit bei unterschiedlichen Lasten [%]. Gemäß EN 13719
- Pyramidendurchdrückwiderstand [N]. Gemäß EN 14574

Schutzwirksamkeit nach EN 13719

Dieses Prüfverfahren wie in Abbildung 5.20 dargestellt bewertet die Fähigkeit des Geotextils zum Schutz der Geomembran. Die Verformungen auf einer unter dem Geotextil platzierten Bleiplatte, die mit simuliertem Standardaggregat belastet wird, und verschiedene Lasten werden gemessen und die Schutzwirksamkeit des Geotextils wird aus dem Grad der Verformung errechnet.

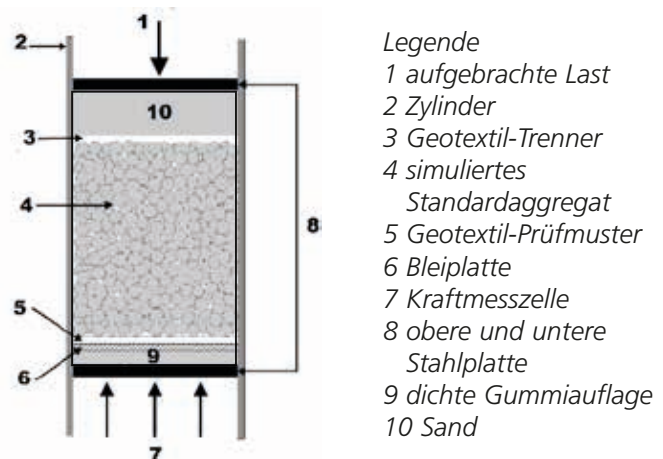


Abbildung 5.20 Prinzipieller Aufbau der Schutzwirksamkeitsprüfung nach EN 13719. /EN 13719/

Pyramidendurchdrückwiderstand nach EN 14574

Ein Prüfmuster liegt flach auf einer Aluminiumplatte, die durch einen Stahlsockel getragen wird und in einer Zug-/Druckprüfmaschine befestigt ist. Durch eine umgekehrte Stahlpyramide, die an einer Lastanzeige befestigt ist, wird eine Kraft auf den Mittelpunkt des Prüfmusters ausgeübt, bis das Prüfmuster durchgedrückt wird. Die verzeichnete Durchdrücklast gilt als repräsentativ für die Schutzwirksamkeit des Geotextils. Das Prüfverfahren wird in Abbildung 5.21 dargestellt.

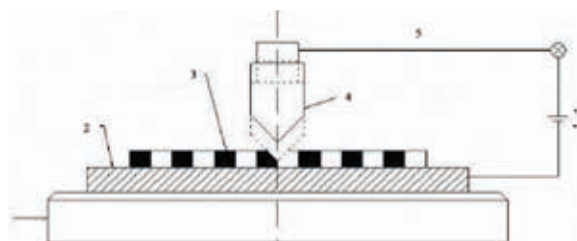


Abbildung 5.21 Prinzipieller Aufbau der Prüfung des Pyramidendurchdrückwiderstands nach EN 14574

Ausgehend von den in Abbildung 5.19 aufgeführten Eigenschaften können die wichtigsten Merkmale für Geotextilien mit Schutzfunktion festgelegt werden, wobei abhängig von den Einsatz- und Verlegebedingungen eine Reihe von Korrekturfaktoren hinzugefügt werden:

$$Char_{Anf} = Char_{Basis} \cdot \prod_1^X KF_X, \text{ wobei}$$

$Char_{Basis}$ = Grundanforderung an die Einrichtung von Geotextilien mit Schutzfunktion (steht für die Mindestanforderungen an das Produkt bei der Verlegung)

KF_X = für die jeweilige Anwendung und Verlegung relevanter Korrekturfaktor

Für Geotextilien mit Schutzfunktion werden die folgenden Grundanforderungen festgelegt, siehe Abbildung 5.22:

			Grundanforderungen
Durchschnittliche Zugfestigkeit	DE EN ISO 10319	(kN/m)	20
Durchschnittliche Dehnung unter Höchstlast	DE EN ISO 10319	(%)	min. 50 %
Energieindex	DE EN ISO 10319	(kN/m)	5,0
Stempeldurchdruckversuch (CBR-Versuch)	DE EN ISO 12236	(N)	2500
Dynamischer Kegelfallversuch	DE EN ISO 13433	(mm)	20
Schutzwirksamkeit	DIN EN 13719	(%)	4
Pyramidendurchdruckwiderstand	DIN EN 13474	(N)	200

Abbildung 5.22 Grundanforderungen an ein Geotextil mit Schutzfunktion

Die Korrekturfaktoren gelten als Funktionen von:

KF (Größe des Kontaktmaterials, Form des Kontaktmaterials, Druckniveau der Auflage)

Mit den aufgeführten Faktoren.

KF_1 = Faktor für die Partikelgröße des Kontaktmaterials.

Korrekturfaktor KF_1	Kontaktmaterial d_{max} (mm)
1	$d_{max} \leq 8 \text{ mm}$
1,2 (0,83)	$d_{max} \leq 16 \text{ mm}$
1,4 (0,71)	$d_{max} \leq 32 \text{ mm}$

KF_2 = Faktor für die Form des Kontaktmaterials.

Korrekturfaktor KF_2	Kontaktmaterial (-)
1	Gerundet
1,5 (0,67)	Grob

KF_3 = Faktor für den Normaldruck auf die Schutzstruktur.

Korrekturfaktor KF_3	Druck durch Auflage σ (kN/m ²)
1	$\sigma \leq 100$
1,3 (0,77)	$100 < \sigma \leq 250$
1,6 (0,625)	$250 < \sigma \leq 400$

Werte in () sind für Merkmale zu verwenden, bei denen ein Höchstwert erforderlich ist: dynamischer Kegelfallversuch, Schutzwirksamkeit.

5.4.3 Gestaltungsansatz von Fibertex

Durch Anwendung dieses Verfahrens wird ein gängiges und klar definiertes Verfahren etabliert. Die angewendeten Korrekturfaktoren gelten als die wichtigsten Parameter zur Beeinflussung der Produktanforderungen. Da der Membrantyp unbekannt bzw. nicht angegeben ist, sollte die Qualität der verwendeten Membran einschließlich der vom Lieferanten der Geomembran genannten besonderen Anforderungen berücksichtigt werden.

Es ist zu beachten, dass der Ansatz auf typische Anlagen anwendbarer Richtlinien anzusehen ist. Eine genaue Bewertung erfordert weitergehende Kenntnisse der besonderen Eigenschaften der verwendeten Membran und der zulässigen Verformung während der erwarteten Nutzungsdauer. Aufgrund der vom Lieferanten der Membranen genannten Anforderungen und unterschiedlicher nationaler Vorgaben, Qualitätszertifizierungen und Entwurfsrichtlinien können die erforderlichen Qualitätsstufen und Merkmale von den auf der Grundlage dieses Hinweises berechneten Anforderungen abweichen. In diesem Fall ersetzen diese Anforderungen die mit Verfahren aus diesem Hinweis berechneten Anforderungen.

5.4.4 Beispiel – Geotextil zum Schutz einer Membran in einer Abfallbeseitigungsanlage

Es ist ein Geotextil zum Schutz einer HDPE-Membran am Boden einer bis zu 20 m tiefen Abfalldeponie zu planen. Über dem schützenden Geotextil befindet sich eine Entwässerungsschicht aus gerundeten Steinen mit einem Durchmesser von bis zu 16 mm. die Dichte des Abfalls beträgt $\gamma = 11 \text{ kN/m}^3$.

Der Boden unter der Membran ist feiner tonhaltiger, gerundeter Sand mit $d_{\text{max}} < 4 \text{ mm}$.

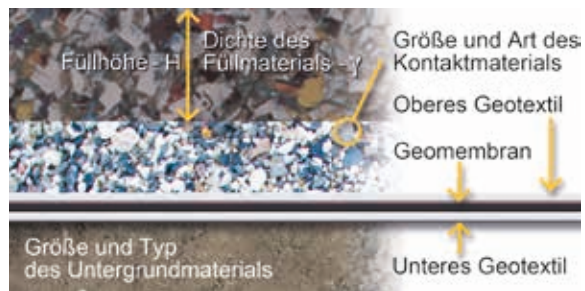


Abbildung 5.23 Geotextil zum Schutz in einer Abfallbeseitigungsanlage

Geotextil über der Membran:

$$Char_{Anf} = Char_{Basis} \cdot KF_1 \cdot KF_2 \cdot KF_3 = Char_{Basis} \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,3 = Char_{Basis} \cdot 1,56$$

Ergibt:

			Grundanforderungen	Mit CF = 1,56 (0,64)
Durchschnittliche Zugfestigkeit	DE EN ISO 10319	(kN/m)	20	31,2
Durchschnittliche Dehnung unter Höchstlast	DE EN ISO 10319	(%)	min. 50 %	min. 50 %
Energieindex	DE EN ISO 10319	(kN/m)	5,0	7,8
Stempeldurchdruckversuch (CBR-Versuch)	DE EN ISO 12236	(N)	2500	3900
Dynamischer Kegelfallversuch	DE EN ISO 13433	(mm)	20	13
Schutzwirksamkeit	DIN EN 13719	(%)	4	2,6
Pyramidendurchdruckwiderstand	DIN EN 13474	(N)	200	312

Geotextil unter der Membran:

$$Char_{Anf} = Char_{Basis} \cdot KF_1 \cdot KF_2 \cdot KF_3 = Char_{Basis} \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,3 = Char_{Basis} \cdot 1,3$$

Ergibt:

			Grundanforderungen	Mit CF = 1,3 (0,77)
Durchschnittliche Zugfestigkeit	DE EN ISO 10319	(kN/m)	20	26
Durchschnittliche Dehnung unter Höchstlast	DE EN ISO 10319	(%)	min. 50 %	min. 50 %
Energieindex	DE EN ISO 10319	(kN/m)	5,0	6,5
Stempeldurchdruckversuch (CBR-Versuch)	DE EN ISO 12236	(N)	2500	3250
Dynamischer Kegelfallversuch	DE EN ISO 13433	(mm)	20	15
Schutzwirksamkeit	DIN EN 13719	(%)	4	3,1
Pyramidendurchdruckwiderstand	DIN EN 13474	(N)	200	260

6. Beschädigung während der Verlegung und erforderliche mechanische Festigkeit während der Nutzungsdauer

6.1 Hintergrund

Die Beständigkeit des Produkts gegenüber Beschädigungen ist ein sehr wichtiger Teil des Entwurfs. Dies gilt nicht nur nach der Verlegung des Geotextils, wenn es seine Funktionen während der Nutzungsdauer erfüllt, sondern auch während der Verlegung, da die Anforderungen an die mechanischen Eigenschaften in dieser Phase häufig höher sind als die nach der Verlegung erforderlichen Eigenschaften.

In Abbildung 6.1 werden die verfügbaren Eigenschaften im Vergleich zu den erforderlichen Eigenschaften im zeitlichen Verlauf dargestellt.

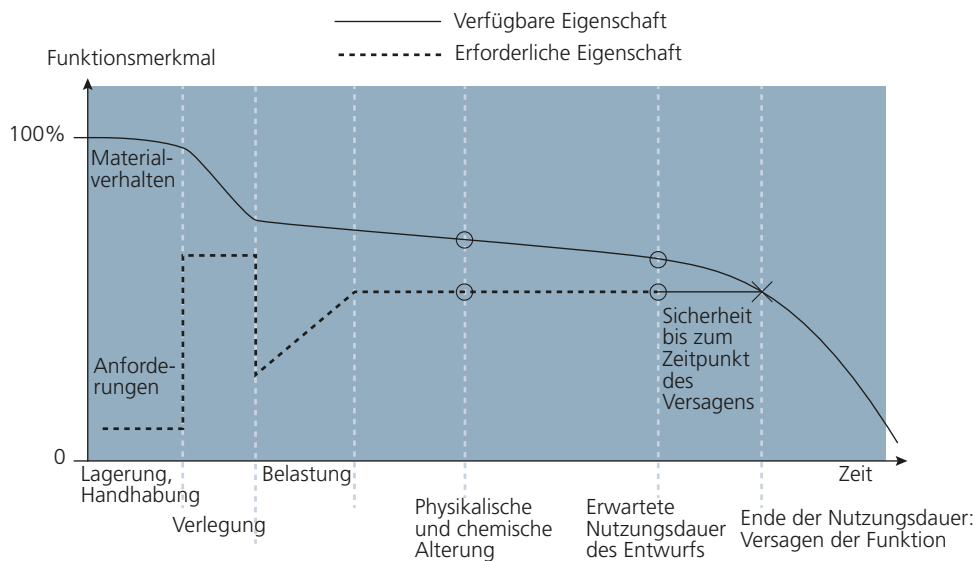


Abbildung 6.1 Typische verfügbare und erforderliche Werte einer Funktionseigenschaft im zeitlichen Verlauf /EN 13434/

Abbildung 6.1 zeigt eine schematische Darstellung der Entwicklung der verfügbaren Eigenschaft eines Materials im zeitlichen Verlauf, dargestellt durch die obere Kurve im Schaubild. Die Funktionseigenschaft kann eine mechanische Eigenschaft wie Zugfestigkeit oder eine hydraulische Eigenschaft wie Durchlässigkeit sein. Die zwischen Herstellung des Produkts und Ende der Produktnutzungsdauer eintretenden Ereignisse werden entlang der Zeitachse angegeben. Die untere Kurve steht für die Veränderungen der erforderlichen Eigenschaft während dieser verschiedenen aufeinanderfolgenden Ereignisse. Die Form der Kurve bezieht sich auf die mechanische Festigkeit, würde jedoch bei einer hydraulischen Eigenschaft nicht deutlich anders aussehen.

Ein Geotextil erfüllt eine oder mehrere Funktionen – ein beschädigtes Geotextil kann jedoch keine der Funktionen erfüllen. Im Allgemeinen sind Verlegung und Bautätigkeit die kritischsten Phasen im Leben eines Geotextils und weniger die Nutzungsdauer, siehe Abbildung 6.1.



Abbildung 6.2 Beispiele für Anwendungen, die eine hohe Energieabsorption durch das Geotextil erfordern

6.2 Energieindex (auf der Grundlage des Zugversuchs gemäß EN ISO 10319)

Die Nutzung des Energieaufnahmepotenzials eines Geotextils wird zunehmend als eines der Hauptmerkmale bei der Beschreibung der Beständigkeit eines Geotextils gegenüber Beschädigungen anerkannt. Untersuchungen verschiedener unabhängiger Institute zeigen, dass ein signifikant engerer Zusammenhang zwischen dem Widerstand eines Geotextils gegenüber den Belastungen bei der Verlegung und seinem Energieaufnahmepotenzial im Vergleich zu typischen Eigenschaften wie Zugfestigkeit und statischem Durchdrückwiderstand besteht.

Ein Geotextil besitzt ein bestimmtes Energieaufnahmepotenzial. Für Geotextilien ist die Energieaufnahme definiert als der Bereich unter der Spannungs-Dehnungskurve für die Zugfestigkeit (Abbildung 6.3) bei Prüfung gemäß EN ISO 10319. Der Energieindex (kN/m oder kJ/m^2) gibt die maximale Energie an, die ein Geotextil bei maximaler Festigkeit aufnehmen kann.

Aus praktischen Erwägungen wird ein vereinfachtes Modell des Energieindex wie in Abbildung 6.3 beschrieben verwendet, unabhängig von der spezifischen Form der Spannungs-Dehnungskurve.

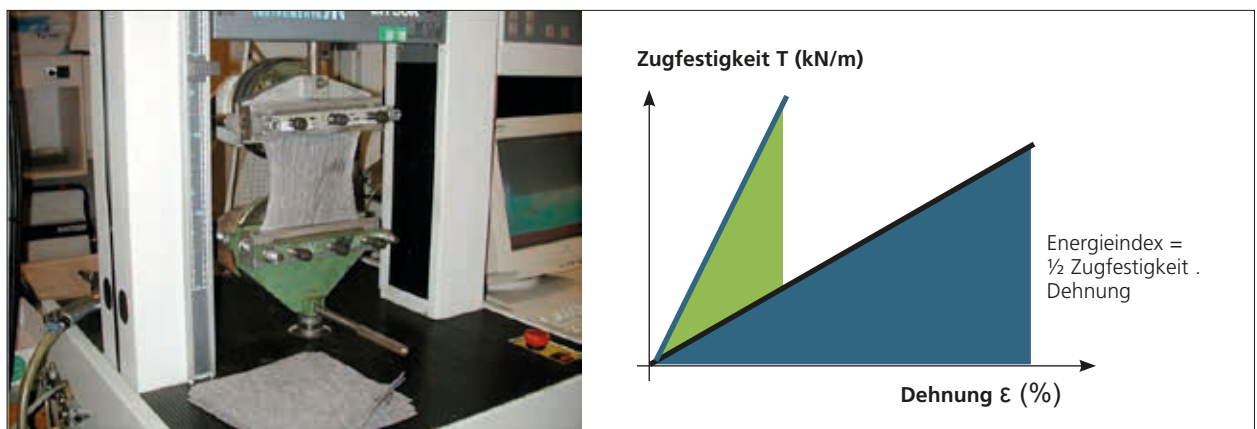


Abbildung 6.3 Ein steifes Geotextil benötigt eine höhere Zugfestigkeit als ein Geotextil mit stärkerer Dehnung, um den gleichen Energieindex zu erreichen

6.3 Statischer Durchdrückwiderstand (EN ISO 12236)

Der statische Durchdrückwiderstand (CBR-Dehnung und -Festigkeit) dient ebenfalls zur Festlegung von Anforderungen an das Geotextil. Er dient hauptsächlich dazu, Angaben zum Risiko einer lokalen Beschädigung des Geotextils aufgrund von fallenden oder eindringenden Steinen und Felsen zu machen.



Abbildung 6.4 Statischer Durchdrückwiderstand (CBR-Versuch) im Vergleich zu existierenden Verlegungen

In den europäischen Anwendungsnormen werden Angaben zu Zugfestigkeit und Dehnung gemäß EN ISO 10319 sowie zum statischen Durchdrückwiderstand gemäß EN 12236 gefordert.

6.4 Theoretisches Modell

Im Lauf der Jahre wurden verschiedene Artikel und Prüfberichte veröffentlicht. Bis jetzt war es nicht möglich, ein umfassendes theoretisches Modell zu erstellen, das alle Anwendungen und Varianten abdeckt, darunter:

- Unterboden und dessen geotechnische Parameter
- Füllmaterial, Größe, Gewicht und Form
- Verlegeverfahren und -maschinen
- Verdichtungsgrade und andere mechanische Kräfte

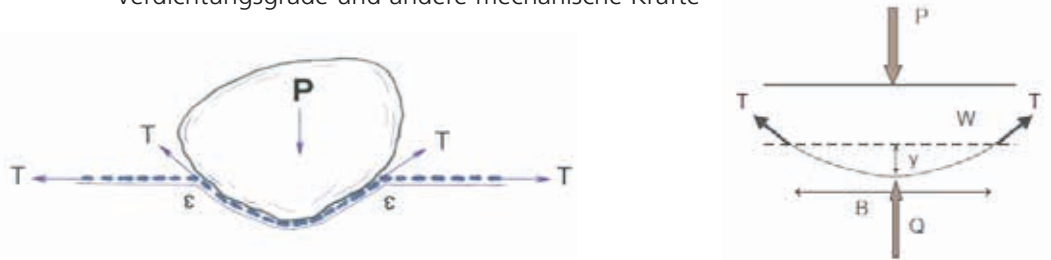


Abbildung 6.5 Realistische Standortbedingungen und vereinfachtes Modell zur Spannungs-/Dehnungsbewertung

Ein einfaches theoretisches Modell für den erforderlichen bzw. relevanten Beanspruchungsgrad eines Geotextils wurde von J. P. Giroud vorgeschlagen, /Giroud, J. P., 1999. The concept of constant energy for specifying geotextiles used as separators: Theory and practice. Proceedings of Rencontres 99, Bordeaux, S. 245-264./

$$1 + \varepsilon = \frac{T}{T_d} \cdot \arcsin \left(\frac{T_d}{T} \right), \quad \text{wobei}$$

ε = Dehnung im Geotextil

T = Spannung im Geotextil

$$T_d = \text{Belastungsspannung} = \frac{F}{\pi \cdot B}, \quad \text{wobei } F = P + W - Q$$

Die Berechnung der Dehnung im Geotextil in Anwendung dieses Modells zeigt, dass eine Beanspruchung bzw. Dehnung von bis zu 60 % (57,1 %) in praktischen Anwendungen zu erwarten ist.

Beanspruchung vs. Belastungsniveau basierend auf dem theoretischen Modell

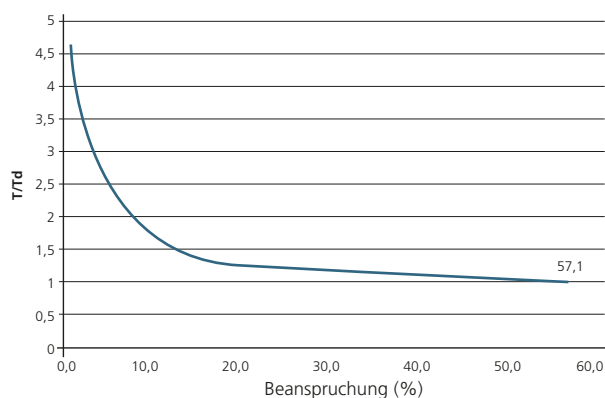


Abbildung 6.6: Erwartetes erforderliches Belastungsniveau in praktischen Anwendungen

Ein noch höheres Belastungsniveau kann in einigen Fällen als äußerst relevant angesehen werden, da es häufig zu mehr als nur einem Aufprall kommt.

In Anwendung des theoretischen Modells zusammen mit den Erfahrungen aus erfolgten praktischen Anwendungen und Anwendungsversuchen ist es möglich, akzeptable Entwurfsansätze zu erarbeiten. Dies ist bereits in verschiedenen nationalen und bereichsspezifischen Richtlinien und Vorgaben erfolgt. Heute werden spezifische nationale bzw. regionale Anforderungen an Energieindex oder CBR beispielsweise in den nordischen Ländern, in der Schweiz und in Deutschland angewendet und weitere nationale Entwurfsrichtlinien gehen in diese Richtung, beispielsweise in Frankreich.

6.5 Praktischer Ansatz für Fibertex Geotextilien

Wenn eine Zusammenfassung der oben aufgeführten verschiedenen nationalen Ansätze als Grundlage genommen wird, können die folgenden allgemeinen Richtlinien zur Auswahl der geeigneten mechanischen Eigenschaften des Geotextils je nach Anwendung dienen.

Allen Anwendung ist gemeinsam, dass die wichtigste Anforderung der Energieindex begleitet von einer Anforderung an die CBR-Festigkeit ist. Das Modell für den erforderlichen Energieindex wird mit Korrekturfaktoren je nach Anwendung und Verlegeverfahren erstellt:

$$EI_{Anf} = EI_{Basis} \cdot \prod_1^x KF_x \quad , \text{ wobei}$$

EI_{Basis} = Grundanforderung an den Energieindex für die Anwendung. (Deckt die Mindestanforderungen an das Produkt bei der Verlegung ab.)

KF_1 = für die jeweilige Anwendung und Verlegung relevanter Korrekturfaktor

KF_2 = für die jeweilige Anwendung und Verlegung relevanter Korrekturfaktor

KF_x = für die jeweilige Anwendung und Verlegung relevanter Korrekturfaktor

Durch Anwendung dieses Verfahrens wird ein gängiges und klar definiertes Verfahren etabliert. Die verwendeten Korrekturfaktoren gelten als die wichtigsten Parameter zur Beeinflussung der Produktanforderungen. Anzahl und Wert der Korrekturfaktoren können je nach Anwendung abweichen. Für typische Anwendungen wie:

- Verlegung in Entwässerungsgräben
- Trennung und Filtration in Wasserbauwerken wie Staudämmen und kleineren Küstenschutzbauwerken
- Trennung und Filtration im Straßenbau

Das spezifische Modell mit dem Energieindex wurde erstellt.

6.6 Entwurfsansatz von Fibertex

Aufgrund unterschiedlicher nationaler Vorgaben, Qualitätszertifizierungen und Entwurfsrichtlinien können die erforderlichen Qualitätsstufen und Merkmale in den einzelnen Ländern abweichen. In diesem Fall ersetzen diese Anforderungen die mit Verfahren aus diesem Hinweis berechneten Anforderungen.

Für vollständige Konstruktionsspezifikationen einschließlich der Anforderungen an die Beständigkeit gegenüber Beschädigungen während Einbau und Nutzungsdauer sowie Haltbarkeitseigenschaften kann das Berechnungswerkzeug auf www.fibertex.com verwendet werden.

6.7 Verlegung in Entwässerungsgräben

Für typische Konstruktionen von Entwässerungsgräben, siehe Abbildung 6.7, wurde das erforderliche Energieindexmodell mit der spezifischen Beschreibung der Korrekturfaktoren festgelegt.

Die Korrekturfaktoren für die Verlegung in Entwässerungsgräben gelten als Funktionen von:

KF (Fallhöhe beim Füllen des Grabens, Größe des Füllmaterials, Form des Füllmaterials)



Abbildung 6.7 Beispiel einer Verlegung in Entwässerungsgräben

$$EI_{Anf} = EI_{Basis} \cdot KF_1 \cdot KF_2 \cdot KF_3, \text{ wobei}$$

EI_{Basis} : Für die Verlegung in Entwässerungsgräben mit einer erwarteten Nutzungsdauer von bis zu 25 Jahren ist die Grundanforderung auf 1,25 kN/m festgelegt.

KF_1 = Faktor für die Fallhöhe beim Füllen des Grabens.

Korrekturfaktor KF_1	Fallhöhe beim Füllen des Grabens H (m)
1	< 1
1,5	1 - 2
2	> 2

KF_2 = Faktor für die Größe des Füllmaterials.

Korrekturfaktor KF_2	Größe des Füllmaterials d_{max} (mm)
1	$d_{max} \leq 32$ mm
1,2	$32 < d_{max} \leq 64$ mm
1,4	$64 < d_{max} \leq 150$ mm

KF_3 = Faktor für die Form des Füllmaterials.

Korrekturfaktor KF_3	Form des Füllmaterials (-)
1	Gerundet
1,25	Scharfkantig

Bei Anwendung dieses Modells liegt der erforderliche Energieindex je nach den Bedingungen zwischen 1,25 und 4,4 kN/m.

6.8 Beispiel – Entwässerungsgraben

Ein Entwässerungsgraben wie in Abbildung 6.8 dargestellt soll mit dem geeigneten Geotextil entworfen werden.

Der Graben wird aus einer Höhe von 1,5 m mit gerundeten Steinen mit einem maximalen Durchmesser von 50 mm gefüllt.



Abbildung 6.8: Beispiel eines Entwässerungsgrabens – Verlegung und Entwurf

Der erforderliche Energieindex ist:

$$EI_{Anf} = EI_{Basis} \cdot KF_1 \cdot KF_2 \cdot KF_3 = 1,25 \cdot 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,0 = 2,25 \text{ kN/m}$$

Für vollständige Konstruktionsspezifikationen einschließlich der Anforderungen an die hydraulischen Eigenschaften sowie Haltbarkeitseigenschaften kann das Berechnungswerkzeug auf www.fibertex.com verwendet werden.

6.9 Wasserbauwerke

Für typische Wasserbauwerke zum Küstenschutz wurde das erforderliche Energieindexmodell mit der spezifischen Beschreibung der Korrekturfaktoren erstellt.

Die Korrekturfaktoren für die Verlegung in Wasserbauwerken zum Küstenschutz gelten als Funktionen von:

KF (Untergrundverhältnisse, Gewicht des Deckgesteins, Verlegeverfahren).



Abbildung 6.9: Beispiel eines Wasserbauwerks zum Küstenschutz

$$EI_{Anf} = EI_{Basis} \cdot KF_1 \cdot KF_2 \cdot KF_3, \text{ wobei}$$

EI_{Basis} : Für Wasserbauwerke zum Küstenschutz mit einer erwarteten Nutzungsdauer von bis zu 25 Jahren ist die Grundanforderung auf 6 kN/m festgelegt.

KF_1 = Faktor für die Untergrundverhältnisse.

Korrekturfaktor KF_1	Untergrundverhältnisse (- / CBR %)
1	Mittelfester Untergrund (CBR 3 - 6)
1,3	Fester Untergrund (CBR über 6)

KF_2 = Faktor für das Gewicht des Deckgesteins.

Korrekturfaktor KF_2	Gewicht des Deckgesteins (kg)
1	< 150 kg (d < 450 mm)
1,2	150 - 300 kg (d = 450 - 600 mm)
1,6	300 - 500 kg (d = 600 - 700 mm)

KF_3 = Faktor für das Verlegeverfahren.

Korrekturfaktor KF_3	Verlegeverfahren (-)
1	Schritt für Schritt
2	Fallhöhe < 2 m

Bei Anwendung dieses Modells liegt der erforderliche Energieindex je nach den Bedingungen zwischen 6 und 25 kN/m.

Bei Dauerinstallationen sollte der Aspekt der Haltbarkeit berücksichtigt und die Anforderungen in diesem Zusammenhang festgelegt werden. Weitere Informationen finden Sie in Kapitel 7 zur Haltbarkeit.

6.10 Beispiel – Küstenschutz

Ein Küstenschutz mit Deckgestein und einem Geotextil zur Trennung und Filtration soll wie in Abbildung 6.10 dargestellt eingerichtet werden. Es muss das geeignete Geotextil entworfen werden. Das bis zu 400 kg schwere Deckgestein wird aus einer Höhe von 1,5 m abgesetzt. Der Untergrund besteht aus tonhaltigem Sand mit CBR von 4 %.

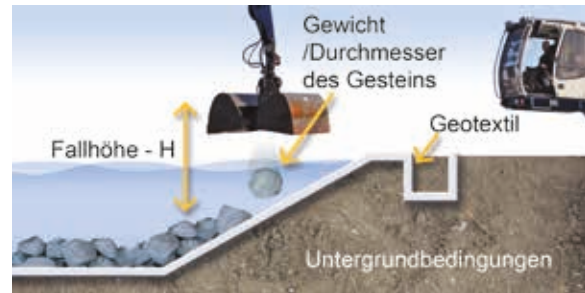


Abbildung 6.10 Beispiel eines Wasserbauwerks – Verlegung und Entwurf

Der erforderliche Energieindex ist:

$$EI_{Anf} = EI_{Basis} \cdot KF_1 \cdot KF_2 \cdot KF_3 = 6,0 \cdot 1,0 \cdot 1,6 \cdot 2,0 = 19,2 \text{ kN/m}$$

Für vollständige Konstruktionsspezifikationen einschließlich der Anforderungen an die hydraulischen Eigenschaften sowie Haltbarkeitseigenschaften kann das Berechnungswerkzeug auf www.fibertex.com verwendet werden.

6.11 Straßenbau

Für typische Anwendungen im Straßenbau mit Geotextilien als Filtrations- und Trennelemente zur Verhinderung der Vermischung von Aggregat und Untergrund wurde das erforderliche Energieindexmodell mit der spezifischen Beschreibung der Korrekturfaktoren erstellt.

Die Korrekturfaktoren für die Verlegung im Straßenbau gelten als Funktionen von: KF (Untergrundverhältnisse, Baubedingungen, Verkehrsaufkommen, Füll-/Aggregatmaterial)



Abbildung 6.14: Beispiel aus dem Straßenbau

$$EI_{Anf} = EI_{Basis} \cdot KF_1 \cdot KF_2 \cdot KF_3 \cdot KF_4, \text{ wobei}$$

EI_{Basis} : Für die Verlegung in Straßenbau mit einer erwarteten Nutzungsdauer von bis zu 25 Jahren ist die Grundanforderung auf 1,75 kN/m festgelegt.

KF_1 = Faktor für die Untergrundverhältnisse.

Korrekturfaktor KF_1	Untergrundverhältnisse (- / CBR %)
1	Fester Untergrund CBR ≥ 3
1,2	Mittelfester Untergrund $1 < \text{CBR} < 3$
1,4	Weicher Untergrund CBR ≤ 1

KF_2 = Faktor für die Baubedingungen.

Korrekturfaktor KF_2	Baubedingungen (-)
0,9	Geringer Baustellenverkehr und geringe Verdichtungswirkung
1,1	Normaler Baustellenverkehr und normale Verdichtungswirkung
1,3	Starker Baustellenverkehr und starke Verdichtungswirkung

KF_3 = Faktor für das Verkehrsaufkommen.

Korrekturfaktor KF_3	Verkehrsaufkommen (-)
1	Normal - Zufahrtswege, Nebenstraßen (<500 Fahrzeuge/Tag)
1,25	Hoch - Landstraßen und Hauptverkehrsstraßen (>500 Fahrzeuge/Tag)

KF_4 = Faktor für das Füll-/Aggregatmaterial.

Korrekturfaktor KF_4	Füll-/Aggregatmaterial (-)
1	Gerundetes Material $d_{max} < 64 \text{ mm}$
1,3	Gerundetes Material $d_{max} < 200 \text{ mm}$ und scharfkantiges Material $d_{max} < 64 \text{ mm}$
1,6	Scharfkantiges Material $d_{max} < 200 \text{ mm}$

Bei Anwendung dieses Modells liegt der erforderliche Energieindex je nach den Bedingungen zwischen 1,6 und 6,4 kN/m.

Bei Dauerinstallationen sollte der Aspekt der Haltbarkeit berücksichtigt und die Anforderungen in diesem Zusammenhang festgelegt werden. Weitere Informationen finden Sie in Kapitel 7 „Anforderungen an die Haltbarkeit von Geotextilien“.

6.12 Beispiel – Straßenbau

Ein Geotextil mit den Funktionen „Filtration“ und „Trennung“ soll in einem dauerhaften Straßenbauwerk gemäß den folgenden Angaben verlegt werden:

Straße: dauerhafte Straße mit geringem Verkehrsaufkommen
 Untergrund: tonhaltiger Sand mit CBR von 2 %. Baubedingungen: Verlegung mit üblichen Maschinen und bei üblichem Verdichtungsgrad.

Das 400 mm dicke Aggregat wird mit scharfkantigem Kies und Steinen mit einem Durchmesser von bis zu 60 mm eingebracht.

Der erforderliche Energieindex ist:

$$EI_{Anf} = EI_{Basis} \cdot KF_1 \cdot KF_2 \cdot KF_3 \cdot KF_4 = 1,75 \cdot 1,2 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 1,3 = 3,0 \text{ kN/m}$$

Für vollständige Konstruktionsspezifikationen einschließlich der Anforderungen an die hydraulischen Eigenschaften sowie Haltbarkeitseigenschaften kann das Berechnungswerkzeug auf www.fibertex.com verwendet werden.



Abbildung 6.12 Beispiel eines Straßenbauwerks – Verlegung und Entwurf

7. Anforderungen an die Haltbarkeit von Geotextilien

7.1 Hintergrund

Abhängig von der Nutzungsdauer des Bauwerks und der Nutzungsdauer der im Bauwerk verwendeten Geotextilfunktionen ist es unerlässlich, dass die Anforderungen an die Haltbarkeit des Geotextils einschließlich der Anforderungen während der Verlegung festgelegt werden.

Bei der Formulierung von Anforderungen an die Haltbarkeit des Geotextils werden die harmonisierten Anwendungsnormen in Anhang B als Referenz herangezogen, gestützt durch die folgenden Normen:

- EN 12224 Witterungsbeständigkeit
- EN 12225 Beständigkeit gegenüber mikrobiologischem Abbau
- EN 14030 Beständigkeit gegenüber chemischem Abbau
- EN 13438 Beständigkeit gegenüber Oxidation

Für die CE-Kennzeichnung wird die Nutzungsdauer von Geotextilien gemäß den europäischen Anwendungsnormen in zwei Stufen eingeteilt:

Für temporäre Anwendungen und Bauwerke:

- Eine Haltbarkeit von min. 5 Jahren ist erforderlich.

Für dauerhaftere Anwendungen und Bauwerke:

- Eine Haltbarkeit von min. 25 Jahren ist erforderlich.

Die Nutzungsdauer stellt eine Mindestangabe dar. Die tatsächliche Nutzungsdauer kann sich bei normalen Einsatzbedingungen als wesentlich länger erweisen, ohne dass es zu einer wesentlichen Verschlechterung hinsichtlich der grundlegenden Anforderungen kommt.

7.2 Witterungsbeständigkeit

Alle Geotextilien müssen die beschleunigte Prüfung der Witterungsbeständigkeit gemäß EN 12224 bestehen, sofern sie nicht noch am Tag der Verlegung abgedeckt werden. Die Festigkeit, die das Produkt am Ende dieser Prüfung aufweist, bestimmt zusammen mit der spezifischen Anwendung des Produkt die zulässige Expositionszeit vor Ort. Die Höchstwerte für die Expositionszeit werden in Abbildung 7.1 angegeben. Bei Materialien, die über einen längeren Zeitraum freiliegend bleiben, sind umfangreichere Prüfungen erforderlich.

Anwendung	Verbleibende Festigkeit	Maximale Expositionszeit nach der Verlegung
Bewehrung oder andere Anwendungen, bei denen die Dauerfestigkeit ein wesentlicher Parameter ist	> 80 % 60 % bis 80 % < 60 %	1 Monat* 2 Wochen 1 Tag
Sonstige Anwendungen	> 60 % 20 % bis 60 % < 20 %	1 Monat* 2 Wochen 1 Tag
*) Eine Exposition für bis zu 4 Monate kann je nach Jahreszeit und Standort in Europa akzeptabel sein.		

Abbildung 7.1 Höchstwerte für die Expositionszeit je nach Anwendung und verbleibender Festigkeit nach der Bewertung. /EN 12224/

Geotextilien, die nicht auf ihre Witterungsbeständigkeit geprüft wurden, sind innerhalb von 1 Tag abzudecken.

In den Produktinformationen ist anzugeben: „Innerhalb von (Zeitraum) nach Verlegung abzudecken“ mit Bezugnahme auf die in Abbildung 7.1 genannten Zeiträume.

Witterungsbeständigkeit außerhalb Europas

Die oben genannten Anforderungen beziehen sich auf den europäischen Markt. Bei Einsatz des Geotextils in Gebieten mit höheren UV-Strahlungswerten wie dem Mittleren Osten, Australien und Südafrika können die erforderlichen Werte höher sein; siehe Abbildung 7.2.

Dies gilt auch für Anwendungen, bei denen das Geotextil nach der Verlegung über einen längeren Zeitraum freiliegend sein kann.



Abbildung 7.2 Die Angabe der erforderlichen Witterungsbeständigkeit kann sehr bedeutsam sein. /CFG – Schulung/

Witterungsbeständigkeit von Fibertex Geotextilien aus neuen PP-Fasern

Bei der Verwendung von Fibertex Geotextilien auf Basis von neuen PP-Fasern gilt folgende Regel:

„Innerhalb von 2 Wochen nach Verlegung abzudecken“

Für Anwendungen, bei denen das Geotextil nach der Verlegung freiliegend sein kann, sind Fibertex Geotextilien mit höherer UV-Beständigkeit verfügbar.

7.3 Beständigkeit gegenüber mikrobiologischem Abbau

Bei der Verlegung von Geotextilien im Boden ist darauf zu achten, dass das Geotextil nicht durch die Einwirkung von Pilzen und Bakterien im Boden beschädigt wird.

Es erfolgt eine Bewertung gemäß EN 12225. Die Bewertung gilt für Geotextilien aus Naturfasern und für Geotextilien aus Recyclingmaterial, bei denen die Zusammensetzung der Polymere unbekannt ist.

Bei neuen Polypropylen-Geotextilien und anderen synthetischen Polymeren mit hohem Molekulargewicht ist keine Bewertung erforderlich, da diese Materialien nicht durch Pilze oder Bakterien beschädigt werden können.

Beständigkeit gegenüber mikrobiologischem Abbau von Fibertex Geotextilien aus neuen PP-Fasern

Bei der Verwendung von Fibertex Geotextilien auf Basis von neuen PP-Fasern gilt folgende Regel:

„Mikrobiologische Beständigkeit nach EN 12225: 100% verbleibende Festigkeit“

7.4 Beständigkeit gegenüber chemischem Abbau und Oxidation

Bei Geotextilien, die dem Boden über einen Zeitraum von bis zu 25 Jahren ausgesetzt sind, sollten die folgenden Formen des chemischen Abbaus berücksichtigt werden:

- alkalischer Angriff auf Polyester
- Säureangriff auf Polyamide unter aeroben Bedingungen
- Oxidation von Polypropylen und Polyethylen
- interne Hydrolyse von Polyestern in Wasser oder einer wässrigen Lösung

Geotextilprodukte aus Polymeren wie Polypropylen oder Polyethylen sind oxidationsanfällig, weshalb alle derartigen Materialien der beschleunigten thermischen Oxidationsprüfung gemäß EN ISO 13438 unterzogen werden sollten. Die Art des verwendeten Polymers und die spezifische Anwendung des Geotextils bestimmen den Zeitraum und die Temperatur der Aussetzung des Materials gegenüber der Alterung im Ofen. Bei allen Anwendungen sollte die verbleibende Festigkeit mehr als 50 % der Zugfestigkeit der Referenzmuster betragen.

Oxidationsbeständigkeit von Fibertex Geotextilien aus neuen PP-Fasern

Bei der Verwendung von Fibertex Geotextilien auf Basis von neuen PP-Fasern gilt folgende Regel:

„Oxidationsbeständigkeit nach EN ISO 13438: > 90% verbleibende Festigkeit“

7.5 Haltbarkeit – Mindestanforderungen

Abhängig von den für das Geotextil verwendeten Polymeren und den verfügbaren Haltbarkeitseigenschaften kann die allgemeine Anforderung an die CE-Kennzeichnung der Produkte je nach geforderter Nutzungsdauer in zwei Stufen unterteilt werden:

Bei einer geforderten Nutzungsdauer von bis zu 5 Jahren:

„Voraussichtliche Haltbarkeit mindestens 5 Jahre bei Anwendungen ausgenommen Bewehrung in Naturböden mit einem pH-Wert zwischen 4 und 9 und einer Bodentemperatur von <25 °C.“

Bei einer geforderten Nutzungsdauer von bis zu 25 Jahren:

„Voraussichtliche Haltbarkeit mindestens 25 Jahre in Naturböden mit $4 < \text{pH} < 9$ und einer Bodentemperatur von <25 °C.“

Haltbarkeit von Fibertex Geotextilien aus neuen PP-Fasern

Der pH-Wert der Böden oder Materialien, in denen die Geotextilien verlegt werden, kann oft außerhalb der pH-Grenzwerte von 4-9 liegen, die als Grenzwerte für die allgemeine CE-Kennzeichnung angegeben werden. pH-Werte unter 4 finden sich in anaeroben Torfböden oder durch sauren Regen beeinträchtigten Böden, während pH-Werte über 9 häufig dort auftreten, wo Bentonit und andere Tone im Bauingenieurwesen verwendet werden, z. B. bei der Errichtung von Wänden, beim Verfugen, beim Abdichten von Schichten in Deponien und beim Tunnelbau. Darüber hinaus kann der pH-Wert von Sickerwasser aus Deponien außerhalb der typischen Grenzwerte von 4-9 liegen.

Um diesen Anforderungen zu entsprechen, wurden Fibertex Geotextilien aus neuen PP-Fasern gemäß EN 14030 zu alkalischen und Säureangriffen bewertet, sodass ein breiterer pH-Wertebereich von 2-13 mit Fibertex Geotextilien abgedeckt werden kann.

„Voraussichtliche Haltbarkeit mehr als 100 Jahre in Naturböden mit $2 < \text{pH} < 13$ und einer Bodentemperatur von <25 °C“

Bei dauerhaften Bauwerken sollte diese Anforderung zusammen mit den Eigenschaften relevanter Funktionen für die Vorgabe des geeigneten Geotextils verwendet werden.

8. Handhabung, Lagerung und Verlegung

8.1 Handhabung und Lagerung

Fibertex Geotextilien werden üblicherweise in breiten Rollen geliefert. Das Abladen sollte sorgfältig erfolgen, um eine Beschädigung der Geotextilien zu vermeiden, z. B. mit einem Gabelstapler mit montiertem Aufsatz, siehe Abbildung 8.1.

Zur Lagerung vor Ort sollten die Rollen z. B. auf einer Palette oder Brettern abgesetzt und gut vor Regen und direkter Sonneneinstrahlung geschützt werden. Die Rollen sind vor Vandalismus oder Beschädigung durch auf der Baustelle eingesetztes Arbeitsgerät zu schützen.

Die Rollen können mit einer Säge geschnitten werden. Wenn eine Kettensäge wie in Abbildung 8.2 dargestellt verwendet wird, ist der Schnitt mit Wasser zu kühlen, um ein Schmelzen des Geotextils zu verhindern. Einzelne Schichten von Geotextilien lassen sich leicht mit einem scharfen Messer schneiden.



Abbildung 8.1 Abladen der Rollen mit Gabelstapler mit montiertem Aufsatz



Abbildung 8.2 Schneiden der Fibertex-Rolle mit einer Kettensäge

Fibertex Geotextilien sind beständig gegenüber Säuren und Laugen sowie Angriffen durch Zerfall oder Pilze, jedoch sollten sie stets vor direkter Sonneneinstrahlung geschützt werden. Ausgerollte Geotextilien sind innerhalb des im CE-Dokument des Produkts angegebenen Zeitraums abzudecken, um die Funktionsfähigkeit des Geotextils sicherzustellen. Die ordnungsgemäße Lagerung vor Ort wird in Abbildung 8.3 beschrieben.

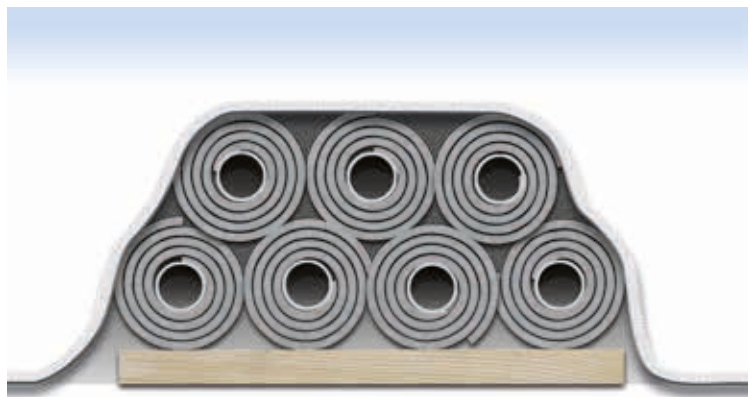


Abbildung 8.3 Ordnungsgemäße Lagerung vor Ort

8.2 Verlegen von Geotextilien

Zusätzlich zur durch das Geotextil abzudeckenden Anwendung und Funktion ist es wichtig, die folgenden Dinge zu beachten:

- Prüfen Sie vor dem Verlegen, ob die Verpackungsfolie unversehrt ist – wenn nicht, prüfen sie die Geotextilrolle auf Beschädigungen aufgrund von UV-Strahlung oder mechanischer Einwirkung.
- Vor dem Verlegen des Geotextils muss das Gelände von großen und scharfkantigen Steinen, Baumstümpfen und sonstigen Gegenständen, die das Geotextil beschädigen könnten, befreit werden.
- Sichern Sie das Geotextil gegen Windeinwirkung, beispielsweise indem Sie kleine Sandsäcke zur Beschwerung auf das Textil legen.
- Bei Einsatz schwerer Baumaschinen ist ein Befahren des Geotextils zu vermeiden.
- Wenn mehrere Rollen Geotextil für die Verlegung verwendet werden, sollten ordnungsgemäße Stoßüberdeckungen angelegt werden, je nach Anwendung und Bodenbeschaffenheit entweder durch Vernähen oder durch ausreichende Überdeckung.
- Vor dem Abdecken sind die Geotextilien in Augenschein zu nehmen, um sicherzustellen, dass sie während des Verlegens nicht beschädigt wurden.

8.3 Verbindungen und Überdeckungen

Bei Anwendungen, bei denen mehr als eine Rolle Geotextil verwendet wird, sollten die Stoßüberdeckungen entweder durch Vernähen oder durch ausreichende Überdeckung angelegt werden.

Die Anforderungen an die Verbindungen sind abhängig von der Anwendung und den jeweiligen Bodenverhältnissen. Je größer die zu erwartenden Verformungen, desto größer sind die Anforderungen an die Überdeckung. Abbildung 8.4 kann als Orientierungshilfe verwendet werden. Die Anforderungen werden für typische Straßenanwendungen angegeben. Bei größeren Wasserbauwerken sollte die Mindestüberdeckung 500 mm in keinem Fall unterschreiten; häufig ist min. 1 m gefordert.

CBR Boden	Mindestüberdeckung
Mehr als 3	300 - 450 mm
1 - 3	0,6 - 1 m
0,5 - 1	1 m oder vernäht
Weniger als 0,5	Vernäht

Abbildung 8.4 Anforderungen an die Überdeckung IASHTO M288/

Das Vernähen stellt eine gute Alternative zur Überdeckung dar, insbesondere wenn die erforderlichen Überdeckungen recht groß sind, beispielsweise im Bereich von 1 m und mehr. Das Vernähen kann mit verschiedenen Arten von Fäden und Nähten erfolgen. Daher ist es wichtig, dass die Qualität der Naht bewertet wird. Die erfolgt typischerweise durch Prüfung der Naht gemäß EN ISO 10321 „Geokunststoffe - Zugprüfung von Verbindungen/Nähten am breiten Streifen“.

9. Fibertex-Berechnungswerkzeuge

Zur Unterstützung von Planern und Errichtern bei der allgemeinen Verwendung und Auswahl von Geotextilien wurden die Bemessungsverfahren von Fibertex mithilfe von Berechnungswerkzeugen erstellt, die sämtlich auf www.fibertex.com zu finden sind. Die Werkzeuge können als Orientierungshilfe bei Auswahl und Spezifikation von Geotextilien dienen. Die Berechnungsergebnisse sollten stets von einem qualifizierten Ingenieur bewertet werden, um sicherzustellen, dass die Anforderungen der Projektvorgaben erfüllt werden.

Aufgrund unterschiedlicher nationaler Vorgaben, Qualitätszertifizierungen und Entwurfsrichtlinien können die erforderlichen Qualitätsstufen und Merkmale in den einzelnen Ländern abweichen. In diesem Fall ersetzen diese Anforderungen die mit Verfahren aus diesem Hinweis und den verwendeten Berechnungswerkzeugen berechneten Anforderungen.

Haftungsausschluss

Die Angaben und Berechnungswerkzeuge auf www.fibertex.com dienen ausschließlich der allgemeinen Information von Leser und Anwender.

Fibertex Nonwovens A/S möchte sicherstellen, dass Angaben, Formeln, Berechnungswerkzeuge usw. zutreffend sind. Aus verschiedenen Gründen einschließlich PC-Konfiguration des Anwenders, häufiger Änderungen der Produktgestaltung, Materialien, Gesetzen, Luftfeuchte, Feuchtigkeit und anderer Umweltfaktoren, Normen und Richtlinien kann es zu Fehlern, Verzögerungen, Auslassungen oder Ungenauigkeiten in den Angaben oder Berechnungsergebnissen kommen. Darüber hinaus können Angaben ohne vorherige Ankündigung geändert werden. Es erfolgt keine wie auch immer geartete Gewährleistung, weder ausdrücklich noch stillschweigend, einschließlich – jedoch nicht ausschließlich – einer Gewährleistung der Nichtverletzung der Rechte Dritter, des Eigentums, der Marktgängigkeit, der Eignung für einen bestimmten Zweck und der Freiheit von Computerviren, in Bezug auf die Nutzung der Angaben und der Berechnungswerkzeuge sowie die Verwendung daraus entstammender Ergebnisse.

Fibertex Nonwovens A/S übernimmt keine Haftung in jeglichem Umfang und aus jeglichen Gründen für die Angaben und Berechnungsergebnisse oder nachteilige Auswirkungen von deren Nutzung einschließlich der Nutzung der Berechnungswerkzeuge für Entwürfe unter Verwendung der Erzeugnisse von Wettbewerbern. Daher übernehmen Fibertex Nonwovens A/S sowie die leitenden Angestellten, Geschäftsführer, Mitarbeiter, Vertreter und Leiter des Unternehmens, Muttergesellschaften oder andere Tochtergesellschaften, für die dieser Haftungsausschluss ausgestellt wird, keinerlei Haftung oder Verantwortung unabhängig davon, ob ein Vertrag, eine unerlaubte Handlung oder ein anderer Rechtsgrund vorliegt, für jegliche Ungenauigkeiten, Unvollständigkeiten, Auslassungen, mangelnde Aktualität oder andere Fehler in den Daten, Angaben und/oder Berechnungswerkzeugen oder Computerviren, die mit den von Fibertex Nonwovens A/S auf der Website www.fibertex.com bereitgestellten Daten übermittelt werden. Entscheidungen, die auf Angaben oder Berechnungen beruhen, die durch oder mithilfe der Angaben und Berechnungswerkzeuge auf www.fibertex.com ermittelt wurden, liegen in der Verantwortung des Anwenders. Somit übernehmen Fibertex Nonwovens A/S sowie die leitenden Angestellten, Geschäftsführer, Mitarbeiter, Vertreter und Leiter des Unternehmens, Muttergesellschaften oder andere Tochtergesellschaften insbesondere keine Haftung oder Verantwortung für durch Personen, Unternehmen oder andere juristische Personen und Anwender erlittene direkte, indirekte oder Folgeschäden, die durch von Fibertex Nonwovens A/S auf der Website www.fibertex.com bereitgestellte Angaben, Berechnungen und deren Nutzung – ob zutreffend oder nicht – verursacht werden oder daraus entstehen.

Jegliche Streitigkeiten aus oder im Zusammenhang mit der Nutzung der Angaben und der Berechnungswerkzeuge auf www.fibertex.com unterliegen der ausschließlichen Zuständigkeit der Gerichte Dänemarks (dem Hauptsitz von Fibertex Nonwovens A/S nächstgelegenes und für diesen zuständiges Bezirksgericht) und unterliegen dänischem Recht, mit Ausnahme der jeweils geltenden Bestimmungen des internationalen Zivilrechts.

Anhang A

Um Verwechslungen aufgrund der Tatsache zu vermeiden, dass verschiedene Länder/Autoren unterschiedliche Bezeichnungen für denselben Zweck verwenden, beruht die Terminologie auf den folgenden Definitionen:

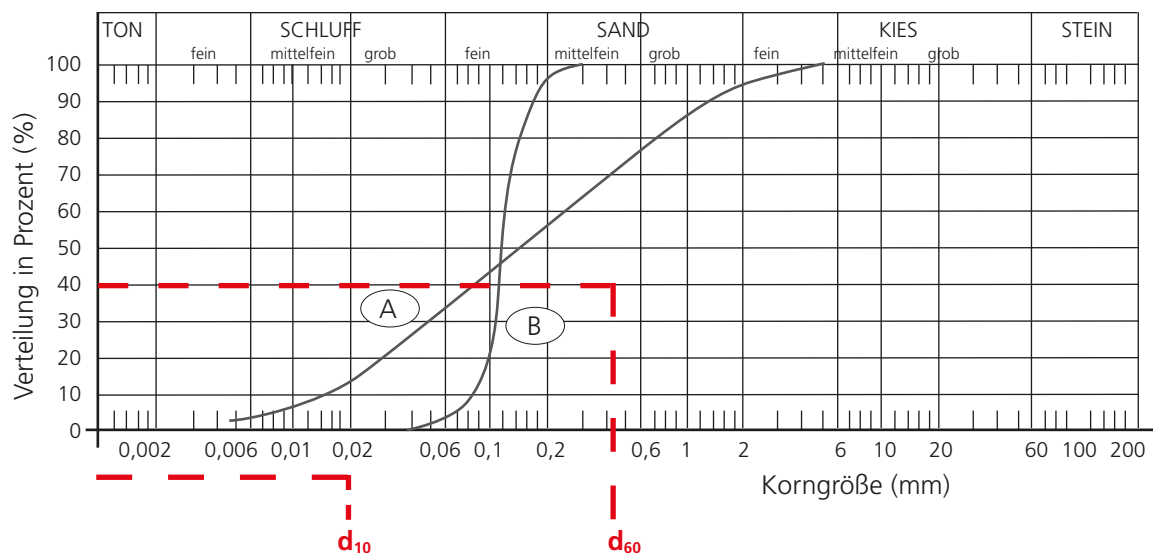
$O_{90\%}$ ist die charakteristische Öffnungsweite eines Geotextils, die in μm (Mikron) ausgedrückt wird, und gibt die maximale Korngröße an, die durch das Geotextil gelangen kann. Die Messung erfolgt durch Nasssieben einer vordefinierten Kornmischung zu Prüfzwecken und **$d_{90\%}$ des durch das Geotextil gelangenden Materials = $O_{90\%}$**

$d_{90\%}$, $d_{60\%}$, $d_{10\%}$ ausgedrückt in μm (Mikron), beziehen sich sämtlich auf den Boden und $d_{x\%}$ bedeutet, dass für x % des Bodens ausgedrückt in μm die Korngrößen kleiner sind als μm .

U ist die Korngröße des Untergrunds und ist der Anteil zwischen $d_{60\%}$ und $d_{10\%}$.

Für $U < 5$ gilt der Untergrund als gleichmäßig geernet (B)

Für $U \geq 5$ gilt der Untergrund als gut geernet (A)



$d_{60} = 0,24 \text{ mm}$ und $d_{10} = 0,14 \text{ mm}$, ergibt $U = 0,24 \text{ mm} / 0,14 \text{ mm} = 17$

Symbole

Symbol	Maßeinheit	Beschreibung
k_{xx}	m/s	Durchlässigkeitskoeffizient
V_{H50}	m/s	Geschwindigkeitsindex
i_{xx}	-	Hydraulisches Gefälle
$O_{90\%}$	μm	Charakteristische Öffnungsweite
KF_{xx}	-	Korrekturfaktor
FOS	-	Sicherheitsfaktor
U	-	Korngröße definiert als d_{60}/d_{10}
d_{xx}	mm	Durchmesser „Boden“ aus der Kornverteilungskurve
q_{xx}	$\text{l/m}^2 \text{ h}$	Wasserfluss je Einheitenbreite
Q_{xx}	m^3/s	Wasserfluss
Θ	m^2/s	Transmissivität
B	m	Breite des Ablaufs, der Straße oder ...
H	m	Höhe der Bodenbedeckung, Schicht oder ...
L	m	Länge der Neigung, des Geotextils oder ...
γ	kN/m^3	Volumengewicht des Bodenwassers oder ...
T_{xx}	kN/m	Zugspannung im Geotextil
ε	- / %	Dehnung im Geotextil
P	N	Einzelkraft
R	N	Reaktionskraft
F	N	Kraft
X	N	Kraft/Last
EI_{xx}	kN/m	Energieindex = $\frac{1}{2} (T \cdot \varepsilon)$
σ	kPa	Spannung

Literaturverzeichnis

- 1 EN 12224 (2000) Geotextiles and geotextile-related products - Determination of the resistance to weathering
- 2 EN 12225 (2000) Geotextiles and geotextile-related products - Method for determining the microbiological resistance by a soil burial test
- 3 EN 12226 (2000) Geotextiles and geotextile-related products - General tests for evaluation following durability testing
- 4 EN 13249 (2001) Geotextiles and geotextile-related products - Required characteristics for use in the construction of roads and other trafficked areas
- 5 EN 13250 (2001) Geotextiles and geotextile-related products - Required characteristics for use in the construction of railways
- 6 EN 13251 (2001) Geotextiles and geotextile-related products - Required characteristics for use in earthworks, foundations and retaining structures
- 7 EN 13252 (2001) Geotextiles and geotextile-related products - Required characteristics for use in drainage systems
- 8 EN 13253 (2001) Geotextiles and geotextile-related products - Required characteristics for use in erosion control systems
- 9 EN 13254 (2001) Geotextiles and geotextile-related products - Required characteristics for use in the construction of reservoirs and dams
- 10 EN 13255 (2001) Geotextiles and geotextile-related products - Required characteristics for use in the construction of canals
- 11 EN 13256 (2001) Geotextiles and geotextile-related products - Required characteristics for use in the construction of tunnels and underground structures
- 12 EN 13257 (2001) Geotextiles and geotextile-related products - Required characteristics for use in solid waste disposals
- 13 EN 13265 (2001) Geotextiles and geotextile-related products - Required characteristics for use in liquid waste containment project
- 14 EN 13719 (2002) Geotextiles and geotextile-related products - Determination of the long term protection efficiency of geotextiles in contact with geosynthetic barriers
- 15 EN 14574 (2005) Geosynthetics - Determination of the pyramid puncture resistance of supported geosynthetics
- 16 EN ISO 10318 (2005) Geosynthetics - Terms and definitions
- 17 EN ISO 10319 (2008) Geosynthetics - Wide-width tensile test
- 18 EN ISO 11058 (2010) Geotextiles and geotextile-related products - Determination of water permeability characteristics normal to the plane, without load
- 19 EN ISO 12236 (2006) Geosynthetics - Static puncture test (CBR test)
- 20 EN ISO 13433 (2006) Geosynthetics - Dynamic perforation test (cone drop test)
- 21 EN ISO 12956 (2010) Geotextiles and geotextile-related products - Determination of the characteristic opening size
- 22 EN ISO 12958 (2010) Geotextiles and geotextile-related products - Determination of water flow capacity in their plane
- 23 EN 14030 (2001) Geotextiles and geotextile-related products - Screening test method for determining the resistance to acid and alkaline liquids
- 24 EN ISO 13438 (2004) Geotextiles and geotextile-related products - Screening test method for determining the resistance to oxidation
- 25 DS CEN CR ISO 13434 (1999) Guidelines on durability of geotextiles and geotextile-related products
- 26 NF G 38 061 Recommandations pour l'emploi des géotextiles et produits apparentés. Détermination des caractéristiques hydrauliques et mise en œuvre des géotextiles et produits apparentés utilisés dans les systèmes de drainage et de filtration
- 27 A. Watn, Eiksund, G & Knutson, Å. (1998) Deformations and damage of non-woven geotextiles in road construction. 6th ICG, Atlanta, USA 1998, pp 933-938.
- 28 A. Watn, S.H. Chew (2002) Geosynthetic damage - from laboratory to field, Geosynthetics - 7th ICG - Delmas, Gourc & Girard 2002, pp 1203-1224
- 29 David A. Shercliff (1998) Designing with the cylinder test, The Re-use of Contaminated Land and Landfills 7th - 9th July 1998, Brunel University, London
- 30 Fibertex Design guide (2002) Fibertex Design guide, Aalborg, 2002
- 31 Fibertex Handbook (1996) Fibertex Geotekstiler, 1996
- 32 Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen (2005) Merkblatt über die Anwendung von Geokunststoffen im Erdbau des strassenbaues, M Geok E, Ausgabe 2005
- 33 French committee of geotextiles and geomembranes (1986) CFGG, Geotextiles manual UK version, section 1 to 7. France 1986
- 34 J. P. Giroud (1999) Le concept d'énergie pour les spécifications des géotextiles utilisés comme séparateurs: la théorie et la pratique. Comptes Rendus de Rencontres 99. Bordeaux, France: Comité Français des Geosynthétiques.
- 35 Norgeospec (2002) A Nordic system for specification and control of geotextiles in roads and other trafficked areas
- 36 Rüegger Rudolf & Hufenus Rudolf (2003) Schweizerischer Verband für Geokunststoffe SVG: "Bauen mit Geokunststoffen", St. Gallen 2003
- 37 SINTEF (1996) Non-woven geotextiles in road constructions. Report STF22 F96656. Trondheim, Norway: SINTEF.
- 38 SINTEF (1997) Non-woven geotextiels- filed test on damage during installation. Report STF22F976658. Trondheim, Norway: SINTEF
- 39 AASHTO M 288-05 (2005) Standard specifications for geotextiles. Geotextile Specification for Highway Applications ASSHTO M288-05



AKUSTIK



AUTOMOBILINDUSTRIE



BETTWÄSCHE



BAUINDUSTRIE



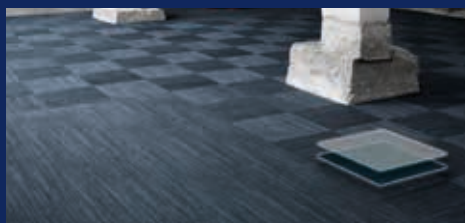
VERBUNDWERKSTOFFE



BETON



FILTRATION



BODENBELÄGE



MÖBEL



GEOTEXTILIEN



MEDIZIN



REINIGUNGSTÜCHER



FIBERTEX.COM

Fibertex Nonwovens A/S
Svendborgvej 16
DK-9220 Aalborg Ø
Dänemark
Tel. +45 96 35 35 35
Fax +45 98 15 85 55
fibertex@fibertex.com

Verkaufsbüro DE/AT/CH
Kölner Str. 101
57368 Lennestadt
Germany
Tel. +49 (0) 27 21 71 55 49
Fax +49 (0) 27 21 71 55 51
sales.de@fibertex.com



Fibertex
NONWOVENS