

SCHNEIDER, H. und PÜHRINGER, G., Chemie Linz AG, Österreich

**UNTERSUCHUNG DER TRENNWIRKUNG ALS KERNFUNKTION VON GEOTEXILIEN UND  
DEREN KRITERIEN**

**THE SEPARATION FUNCTION OF GEOTEXTILES**

**LE ROLE FONDAMENTAL DE SEPARATEUR DES GEOTEXTILES ET SES CRITERES**

Zusammenfassung:

Mit einem speziell entwickelten Versuchsgerät wurde ein Zweischichtsystem (2 verschiedene Böden) auf Änderungen unter Belastung untersucht. Dieses Zweischichtsystem (Dreischichtsystem mit Geotextil) wurde sowohl mit 4 verschiedenen Geotextilarten, als auch ohne Geotextil belastet. Für eine möglichst praxisnahe Belastung sorgten 2 beweglich Räder, die sich in einer Kreisbahn auf den Bodenproben bewegten. Die Änderungen vom Schichtsystem, nach den jeweiligen Lastwechsel, wurden ausgewertet. Es wurde ein Vergleich der Ergebnisse von den 4 Geotextilarten untereinander und auch ohne Geotextileinbau angestellt. Die Ergebnisse geben auch Hinweise für ein optimales Anforderungsprofil für ein Geotextil.

1. Einleitung:

Die bautechnische Wirkung von Geotextilien wird in der Fachwelt nicht angezweifelt. Das Geotextil hat heute einen festen Platz in der Bodenmechanik durch seine unbestrittenen Erfolge in der Praxis. Seit über 30 Jahren werden Geotextilien als Bauhilfsmittel im Tiefbau verwendet. Wobei der primärer Einsatz hauptsächlich in Verbindung mit dem Baustoff "Boden" ist. Doch gibt es diverse Meinungen über das optimale Anforderungsprofil eines Geotextils. Einerseits wird der Zugspannung die absolut größte Bedeutung zugesprochen, und andererseits steht die hohe Verformungsbarkeit im Vordergrund, die Beschädigungen des Geotextils verhindern sollen. Grundsätzlich erfüllen Geotextilien mehrere Funktionen gleichzeitig.

2. Trennwirkung

Um diese Funktion zu untersuchen, wurde bei der Chemie Linz AG ein Versuchsgerät entwickelt. Diese Testapparatur simuliert speziell die Beanspruchungen im Straßenbau und gibt in Richtung dynamischer Beanspruchung und Belastbarkeit von Geotextilien aufschlußreiche Erkenntnisse.

3. Versuchsbeschreibung:

Wie im Bild 1 dargestellt, besteht diese "Rundlaufapparatur" aus 2 beweglichen Rädern, die von einem H-Antrieb (Getriebemotor) über Kegelräder in kreisförmiger Bahn bewegt werden. Der Durchmesser der Kreisbahn kann variiert werden und mindestens 60 cm betragen. Die maximale Belastung pro Rad ist 2,0 kN, wobei der maximale Reifeninnendruck 3,0 bar sein kann. Die Geschwindigkeit der Belastungsräder kann zwischen 8 Ud/min und 25 Ud/min gewählt werden. Der dynamische Belastungsteil liegt über einer wasserdichten Wanne, in der die entsprechenden Bodenproben eingebaut werden.

Die gesamte Apparatur ist fix montiert und kann in der freien Höhe  $H_1$  verstellbar werden. Die gleichmäßige Normalbelastung über die gesamte Laufspur wird durch die vertikale Verschieblichkeit der Räder erreicht.

Summary

A specially developed test rig was used to study the effects of dynamic loading on a two-layer system (two different soils). This two-layer system as well as four three-layer systems containing different geotextiles were subjected to dynamic loading. In order to simulate practical conditions as closely as possible the load was applied by two adjustable wheels moving on a circular track over the soil specimens. After a given number of load cycles the changes in the two- and three-layer systems were evaluated. The results obtained with the four types of geotextiles were compared with each other as well as with those obtained for the layer system without geotextiles. The results also suggest optimum geotextile properties.

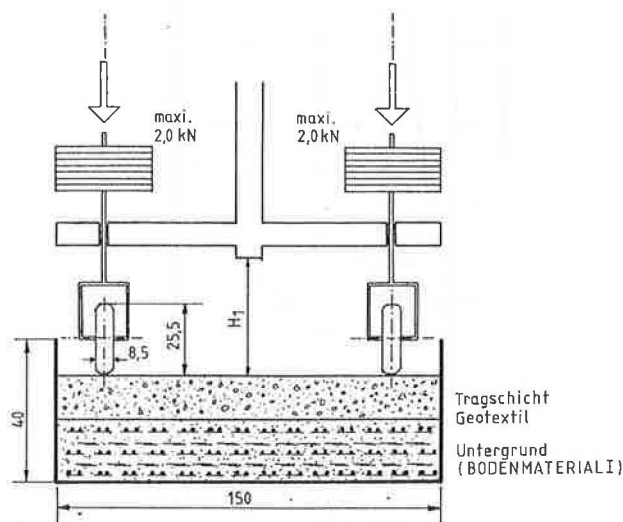


Bild 1. Rundlaufapparatur

3.1. Versuchsmaterialien

3.1.1. Bodenmaterialien:

Bild 2 zeigt die Sieblinie der Böden, die beim Versuch verwendet wurden. Um aussagekräftige Ergebnisse zu erhalten, mußten durch umfangreiche Vorversuche die geeignetsten Böden gefunden werden.

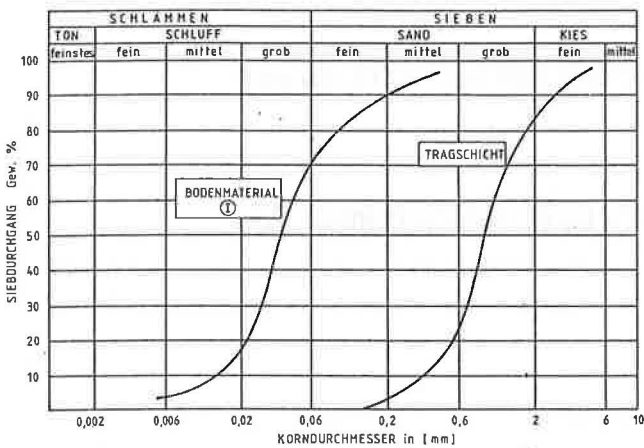


Bild 2. Sieblinie Versuchsböden

Diese Böden sollten auch in der Praxis häufig angetroffen werden. Besonderes Gewicht wurde dem Untergrund (Bodenmaterial I) gegeben, der einen CBR von weniger als 1,0 % hatte.

3.1.2.. Geotextilien

Es wurden 4 verschiedene Geotextilien, wie in Bild 3 definiert, untersucht.

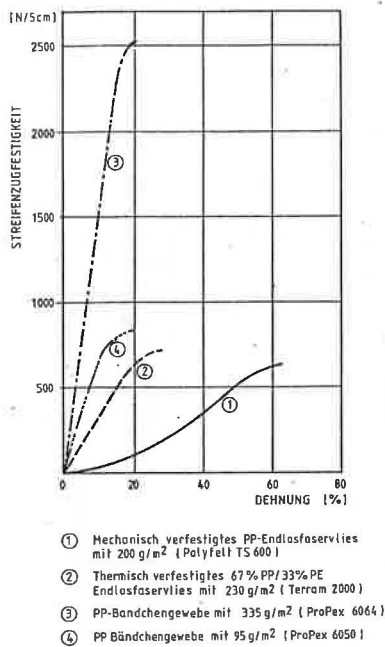


Bild 3. Spannungsdehnungslinie der Geotextilien

An den 4 Geotextilien wurde folgende Permittivität kn/d (s<sup>-1</sup>) (Tab. 1) festgestellt. Der Gradient i wurde mit 2 gewählt und die Belastung auf das Geotextil war 0,02 bar.

GEOTEXTIL-TYPE	Permittivität kn/d (s <sup>-1</sup> )
Produkt 1	1,20
Produkt 2	0,20
Produkt 3	0,15
Produkt 4	0,04

Tab.1. Permittivität der Geotextilien

Es sollten Erkenntnisse über das Spannungsdehnungsverhalten auf das Dreischichtsystem -Tragschicht/Geotextil/Untergrund - gewonnen werden. Um die praktischen Beanspruchungen möglichst nahe zu simulieren, wurden die Geotextilien auf ihre dynamische Schockreißfestigkeit mittels einer "Fallpyramide" untersucht. Das Gewicht dieser 3-seitigen Pyramide war 1,5 kg und der Winkel zwischen den Seitenkanten 45°. Der Fallversuch wurde direkt über dem Bodenmaterial I und dem jeweiligen Geotextil durchgeführt. Von einer Fallhöhe von 40 cm ergab sich folgendes Ergebnis (Tab. 2):

GEOTEXTIL-TYPE	Fallpyramide 1,50kg
	Lochdurchmesser in [mm]
Produkt 1	0
Produkt 2	30-40
Produkt 3	0
Produkt 4	5-15

Tab.2. Fallversuch

Die beschädigten Produkte 2 und 4 wurden mit scharfkantigen Steinen "verpfropft" (Photo 1). Es sollte untersucht werden, ob derartige Beschädigungen negative Einwirkungen auf das Bauprojekt haben und ob die Funktion des Geotextils beeinträchtigt werden. Produkt 1 und 3 wurden aufgrund der Fallversuchsergebnisse unbeschädigt beim "Rundlaufmodellversuch" untersucht. Als Bezugsgröße zum Vergleich wurde immer auch das System Tragschicht -Untergrund unter den selben Bedingungen untersucht. Die Versuchsergebnisse liefern eine hohe Aussagekraft untereinander. Aber wie so oft bei Kleinmodellversuchen ist eine direkte Übertragung der Ergebnisse in die Baupraxis problematisch. Es lassen sich aber Tendenzen erkennen, die mit der Praxis ohne Zweifel eng in Zusammenhang stehen.

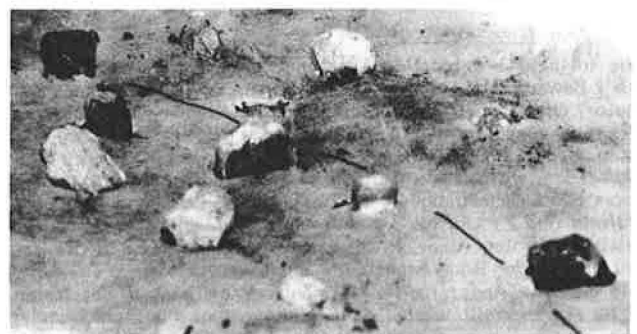


Photo 1. Verpfropfen eines Geotextils

3.2. Versuchsbedingungen:

Die ausgewählten Bodenmaterialien wurden mit einer Schichtstärke, wie im Bild 4 gezeigt, eingebaut.

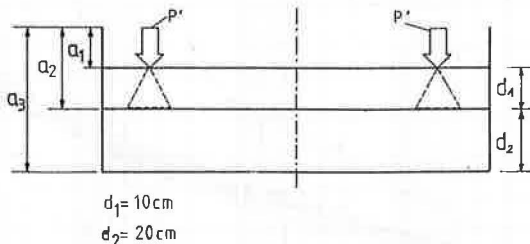


Bild 4. Einbaustärke der Versuchsböden

Die Trennung der Bodenschichten erfolgte mit dem jeweiligen zu untersuchenden Geotextil. Bei sämtlichen Versuchen wurde besonders auf gleiche Bedingungen wie Wassergehalt und Verdichtungsenergie geachtet. Das Bodenmaterial I wurde mit einem Wassergehalt von  $w = 25,5\%$  ohne besondere Verdichtung eingebaut. Darüber wurde das Geotextil und darauf das Tragschichtmaterial händisch aufgeschüttet und 7 min mit einem leichten Stampfer (10,5 kg) in 3 Übergängen verdichtet. Anschließend erfolgte die dynamische Radbelastung mit einer Geschwindigkeit von 10 Ud/min.

Der Reifeninnendruck wurde mit  $2,1 \text{ bar}$  gewählt und die absolute Belastung betrug  $0,66 \text{ kN/Rad}$ . Bei einer 10 cm Tragschichtstärke ergibt dies eine durchschnittliche Normalspannung auf das Geotextil von  $2,2 \text{ N/cm}^2$ . Ein Lastkraftwagen mit einer Radlast von 20 kN erzeugt bei einer Tragschichtstärke von 40 cm etwa  $4,0 - 5,0 \text{ N/cm}^2$  durchschnittliche Normalspannung auf das Geotextil, dies entspricht etwa dem doppelten Wert wie in unserem Versuch. Die äußeren Beanspruchungen mußten analog wie die sorgfältige Auswahl der verwendeten Bodenmaterialien optimal abgestimmt werden, um technisch brauchbare Ergebnisse zu erhalten.

4. Auswertung:

Nach 23, 85, 110, 520 und 2600 Lastwechsel wurden folgende Auswertungen an bestimmten Meßpunkten vorgenommen:

- 4.1. Sieblinie
- 4.2. Wassergehalt
- 4.3. Verformungen (Tragschicht und Geotextil)

4.1. Sieblinie:

Diese wurde nach 2600 Lastwechsel von der Tragschicht direkt unter der Spurrille bestimmt. Bild 5 zeigt die Abweichungen in Abhängigkeit vom jeweils eingebauten Geotextil.

Beim Versuch ohne Geotextil wurde unter der Spurrille eine durchschnittliche Durchmischungszone der Tragschicht und dem Bodenmaterial I von  $2,5 - 5,0 \text{ cm}$  festgestellt. Die Abgrenzung dieser Zone wurde visuell definiert und gemessen. Die Versuchsdurchführung ohne Geotextil wurde bereits nach 200 Lastwechsel abgebrochen, da die äußeren Veränderungen (Verformungen) nach diesen Lastwechsel bereits sehr hoch waren.

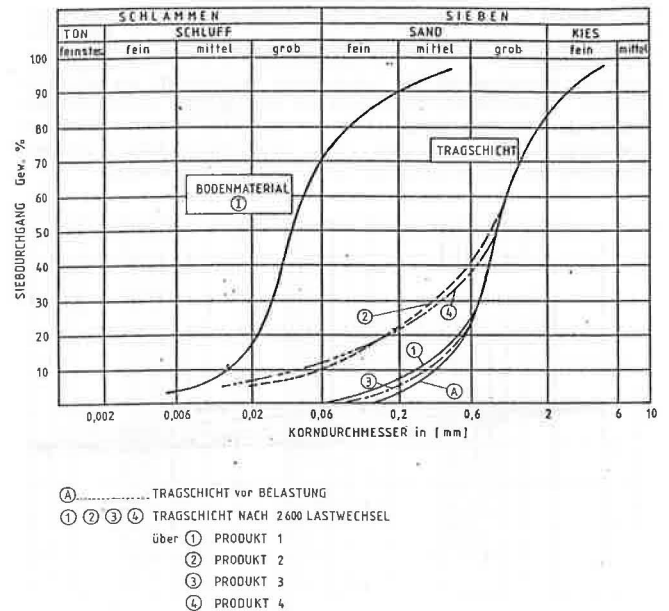


Bild 5. Sieblinie der Tragschicht nach Lastwechsel

4.2. Wassergehalt

Dieser wurde vom Bodenmaterial I und der Tragschicht nach den genannten Lastwechsel bestimmt. Das Tragschichtmaterial wurde unter der Spurrille, wie im Bild 8 mit der Schicht  $d_1$  definiert, entnommen. Die Bodenprobe für Bodenmaterial I wurde an der gleichen Stelle unter das Geotextil gezogen, jedoch nur die oberen 5,0 cm. Für die Untersuchung ohne Trenngeotextil wurden die Proben außerhalb der Durchmischungszone gewählt. Bild 6 zeigt die Zunahme des Wassergehalts der Tragschicht.

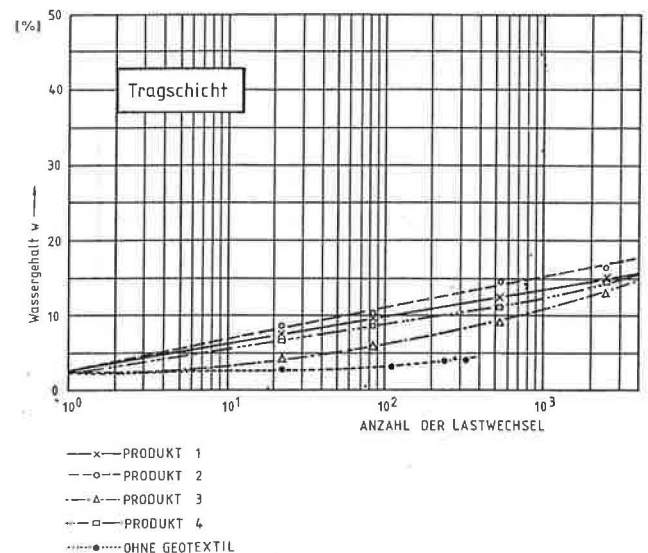


Bild 6. Wassergehalt Tragschicht

Bei Produkt 1, 2 und 4 steigt in der Anfangsphase der Wassergehalt der Tragschicht rascher als beim Produkt 3. Nach 85 Lastwechsel wurde mit den Produkten 1, 2 und 4 etwa der doppelte Wassergehalt der Tragschicht festgestellt als mit dem Produkt 3. Besonders signifikant ist das geringe Ansteigen des Wassergehalts ohne Geotextil, das auf eine äußerst niedrige Entwässerung schließen läßt. Dies wird auch in Bild 7 von der Änderung des Wassergehaltes vom Untergrund bestätigt.

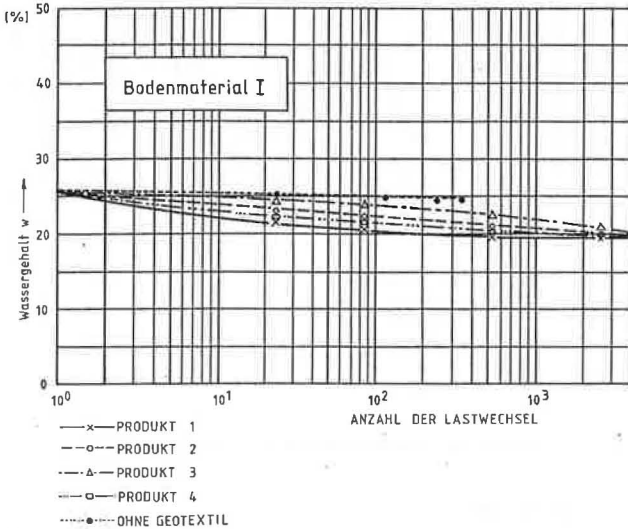


Bild 7. Wassergehalt Untergrund

Bei Produkt 1 wurde die günstigste Entwässerung des Untergrundes festgestellt. Bereits nach 85 Lastwechsel wurde jener Entwässerungsgrad erreicht, der bei Produkt 3 erst bei etwa 2600 Lastwechsel erreicht wurde. Ohne Geotextil wurde der Wassergehalt vom Untergrund am wenigsten entwässert.

4.3. Verformungen:

Neben den Änderungen der Wassergehalte wurden die Verformungen (Spurrillenbildung) aufgezeichnet. (Bild 8)

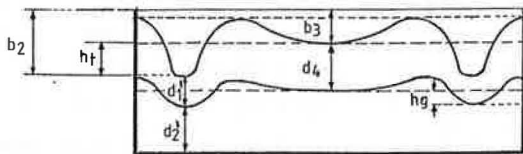


Bild 8. Verformungen nach Lastwechsel

Diese wurden aufgegliedert in:

- Eindrückung Geotextil und Tragschicht ( $h_g, h_t$ )

Die Eindrückung der Tragschicht (Bild 9) zeigt bei den 4 untersuchten Geotextilprodukten keine signifikanten Abweichungen.

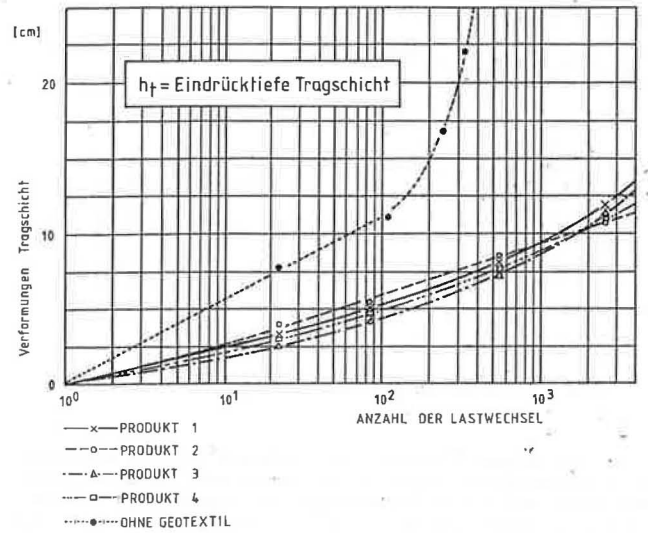


Bild 9. Eindrückung Tragschicht

Ohne Geotextil waren die Verformungen der Tragschicht erheblich, die bei 100 Lastwechsel etwa doppelt so hoch waren, wie jene mit Geotextil.

Mit Geotextil war die Eindrücktiefe nach 2600 Lastwechsel etwa so groß wie ohne Geotextil nach 100 Lastwechsel. Dies ist also eine 26fache Verbesserung durch den Einsatz eines Geotextils.

Die Eindrücktiefe der Geotextilien (Bild 10) zeigen keine besonderen Abweichungen untereinander.

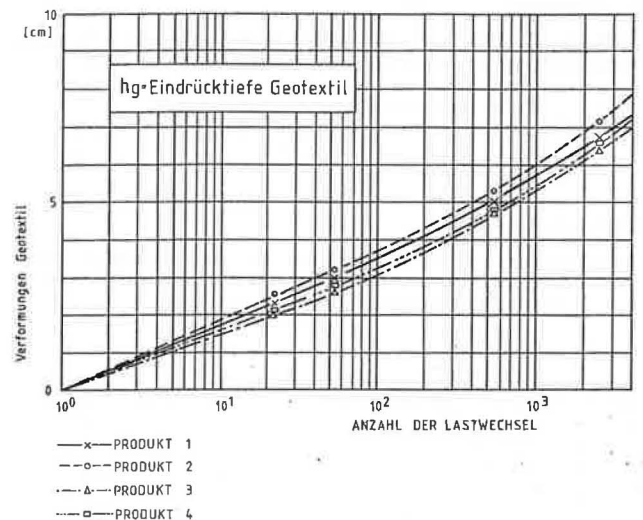


Bild 10. Eindrückung Geotextil

Wenn man nun die Verformungen der Tragschicht und des Geotextils gesamt betrachtet, wird ersichtlich, daß die Spannungsdehnungseigenschaften von Geotextilien keine bedeutsamen Einfluß auf das Gesamtverformungsverhalten des Baukörpers ausüben. Die unterschiedlichen Anfangsmoduli der Geotextilien haben auch auf die Anfangsverformung der Tragschicht keinen entscheidenden Unterschied gebracht.

Eine wichtige Verformungsgröße ist die Eindrücktiefe  $h_t$

GEOTEXTIL-TYPE	EINDRÜCKTIEFE $h_t$ in [cm]				
	LASTWECHSEL				
	23	85	110	550	2600
Produkt 1	3,3	5,0	5,5	8,0	11,7
Produkt 2	4,0	5,5	6,0	8,5	10,7
Produkt 3	2,5	4,3	4,5	7,2	11,3
Produkt 4	2,7	4,5	5,0	7,7	11,5
ohne Geotex.	7,8	10,7	11,0	-	-

Tab.3. Spurrillentiefe  $h_t$

Tabelle 3 zeigt die " Spurrillentiefe" vom Versuch. Signifikante Unterschiede zeigen nur die Ergebnisse mit und ohne Geotextil einbau unabhängig von der Geotextilart. Die in diesem Versuch gewonnenen Erkenntnisse lassen sich in Tabelle 4 folgend zusammenfassen:

KRITERIEN	PRODUKT				OHNE GEOTEXTIL
	1	2	3	4	
Trennen (Sielinie)	⊗	⊖	⊗	⊖	⊖
Filtern (Sieblinie)	⊗	⊖	⊗	⊖	⊖
Drainagieren (Wassergehalt)	⊗	⊗	①	⊗	⊖
Verformungen (Spurrillen)	⊗	⊗	⊗	⊗	⊖

- ⊗ optimale Eigenschaft
- ① geeignet
- ⊖ weniger geeignet

Tab.4.

5. Schlußfolgerung:

Diese Untersuchungen haben folgende Tendenzen gezeigt:

- Wird ein Geotextil als Trennschicht eingesetzt, kann es unter bestimmten Bedingungen von Untergrund und Tragschicht die Verformungen bei dynamischer Wechselbeanspruchung vermindern.
- Der Anfangsmodul eines Geotextils hat keinen signifikanten Einfluß auf die Verformungen der Tragschicht.
- Beschädigungen eines Geotextils während des Einbaues vermindern seine Trenn- und Filterwirkung unter dynamischen Beanspruchungen. Ein "Verpfropfen" des beschädigten Geotextils haben die Untersuchungen nicht ergeben.
- Die Entwässerung des Untergrundes ist bei mechanisch verfestigten Endlosfaservliesen um ein Vielfaches höher, als bei den übrigen von uns untersuchten Produkten.