

Geotextilien: Materialien, Merkmale, Unterschiede

Autor(en): **Martin, Eric**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **104 (1986)**

Heft 40

PDF erstellt am: **12.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-76257>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Geotextilien

Materialien, Merkmale, Unterschiede

Eric Martin, St. Gallen

Die Gebrauchseigenschaften von Geotextilien sind in hohem Masse vom Rohmaterial und der Konstruktion des Produktes abhängig. Am Beispiel von Vliesen aus Polyolefin- und Polyester-Endlos- bzw. Stapelfasern werden der Einfluss von Masse und Faserfeinheit sowie die Abhängigkeit der mechanischen bzw. hydraulischen Eigenschaften aufgezeigt.

Einleitung

Textile Stoffe werden schon seit über 20 Jahren als Verstärkung im Boden eingesetzt. Eigentliche Konstruktionen für diesen Zweck wurden in den sechziger, speziell aber anfangs der siebziger Jahre hergestellt. Die anschliessende rasant entwickelte Entwicklung von Vliesen und Geweben rechtfertigte 1977 eine erste internationale Konferenz über Geotextilien in Paris. Hier wurde zum ersten Mal öffentlich über Eigenschaften, Prüfmethoden und Anwendung diskutiert.

In der Schweiz bestand zu jener Zeit ein Forschungsvorhaben des (Vereins Schweizerischer Strassenfachleute (VSS), über die Entwicklung von Prüfmethoden. Angeregt von der Konferenz, gelang es in der Schweiz, fast alle europäischen Hersteller an einen Tisch zu bringen mit dem Ziel, gemeinsam einheitliche Prüfmethoden zu empfehlen. In der daraus entstandenen Technischen Kommission waren auch Prüfinstitute (ETH, EMPA) und Anwender vertreten. Aus diesem Gremium entstand 1982 der Verband Schweizerischer Geotextilfachleute (SVG), der heute elf Hersteller, einige Händler, Prüfinstitute und vor allem Anwender umfasst.

Die in der Technischen Kommission erarbeiteten Prüfnormen wurden vom VSS weitgehend übernommen und 1983 zur Norm SN 640 550 erklärt. Parallel dazu hat der SVG ein Handbuch für Anwender [1] erarbeitet, das grosses Echo fand. Neben Bemessungsrichtlinien enthält das Handbuch im Anhang einen Produktkatalog. Darin sind praktisch alle in der Schweiz erhältlichen Geotextilien mit ihren Daten, neutral geprüft nach SN 640 550, enthalten. Dies gestattet dem Abnehmer, aufgrund vergleichbarer Spezifikationen ein geeignetes Produkt auszuwählen.

Für die vorliegende Arbeit werden die in dem genannten Produktkatalog enthaltenen Daten von Vliesen herangezogen: Es wird versucht, einige Zusammenhänge zwischen Material/Konstruktion und den wichtigsten Gebrauchseigenschaften aufzuzeigen. Damit sollen erstens dem Hersteller Hin-

weise gegeben werden, was er an seinem Geotextil ändern muss, um eine bestimmte Eigenschaft gezielt zu erreichen; zweitens kann sich der Anwender ein Bild machen, welche Eigenschaften mit welchen Geotextilien verbunden bzw. heute technisch erreichbar sind.

In dieser ersten Untersuchung werden nur Vliese behandelt. Auch sind in diesem kurzen Bericht nicht alle direkten und indirekten Abhängigkeiten aufgezeigt. Im weiteren ist darauf hinzuweisen, dass es sich um den Stand 1984 handelt. Es ist mit Sicherheit möglich, durch gezielte Entwicklungen einzelne Eigenschaften in einem gewissen Rahmen weiter zu verändern. Auf die einzelnen Prüfmethoden wird hier nicht eingegangen. Sie sind an anderer Stelle [2] genau umschrieben.

Untersuchte Materialien

Es wurden 60 Vliese von elf Herstellern in die Untersuchung einbezogen. Die einzelnen Materialien sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Eine Charakterisierung mit einigen wenigen der Eigenschaftsbereiche ist im Bild 1 enthalten.

Ergebnisse

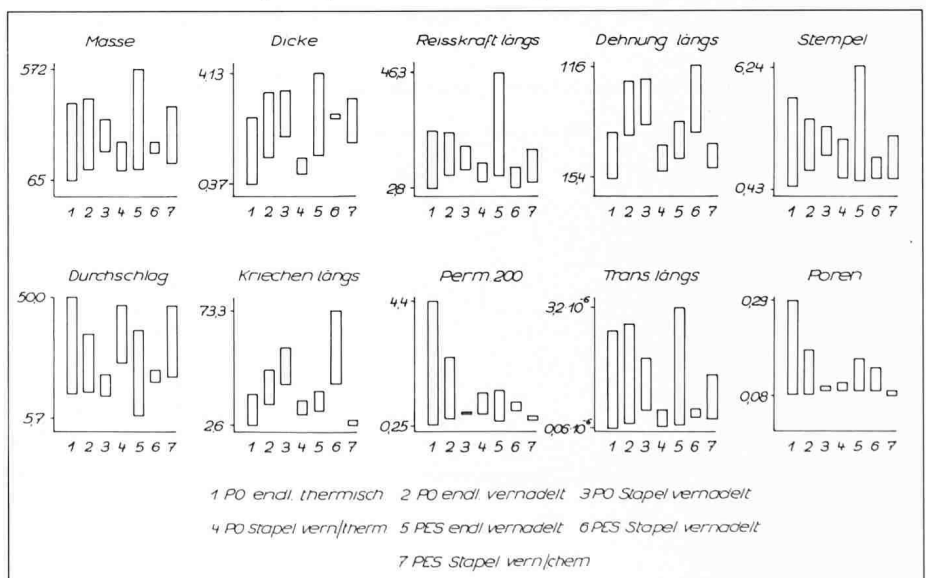
Vergleicht man die Eigenschaften der sieben Materialtypen, fällt folgendes auf:

- Polypropylen endlos, thermisch verfestigt, verhält sich gleich wie Polypropylen Stapel, chemisch verfestigt, mit der Ausnahme, dass bei sonst ähnlichen Kriterien das thermisch verfestigte Polypropylen eine 1,5fach höhere Weiterreisskraft aufweist.
- Vernadeltes Polypropylen aus Endlosfasern verhält sich gleich wie dasselbe Material aus Stapelfasern. Ausnahmen davon bilden für Endlosfasern die kleinere Querdehnung, etwas kleinere Kriechneigung,

Tabelle 1. Untersuchte Materialien

Nr. in Bild 1		Anzahl Muster	Masse (g/m ²)
1	Polyolefin endlos, thermisch verfestigt	16	62...423
2	Polyolefin endlos, vernadelt	11	121...437
3	Polyolefin Stapel, vernadelt	3	200...344
4	Polyolefin Stapel, vernadelt/therm. verfestigt	3	111...241
5	PES endlos, vernadelt	21	122...572
6	PES Stapel, vernadelt	2	190...245
7	PES Stapel, vernadelt/chemisch verfestigt	4	146...405
	Alle zusammen	60	65...572

Bild 1. Bereiche einzelner Eigenschaften verschiedener Vliestypen. Materialtypen 1-7 vgl. Tabelle 1.



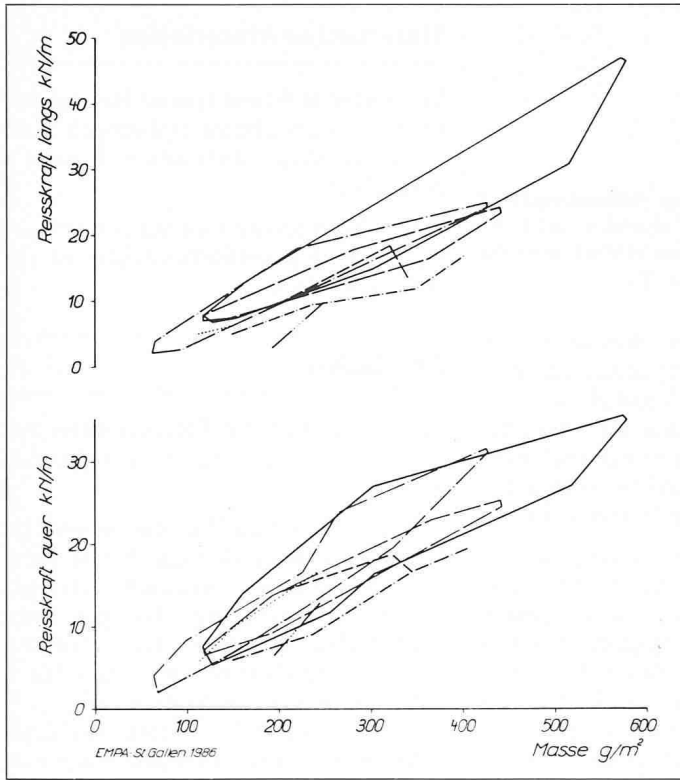


Bild 2. Abhängigkeit der Reisskraft längs (oben) und quer (unten) von der flächenbezogenen Masse

- Polyolefin endlos, thermisch verfestigt
- Polyolefin endlos, vernadelt
- Polyolefin Stapel, vernadelt
- Polyolefin Stapel, vernadelt/thermisch verfestigt
- PES endlos, vernadelt
- PES Stapel, vernadelt
- PES Stapel, vernadelt/chemisch verfestigt

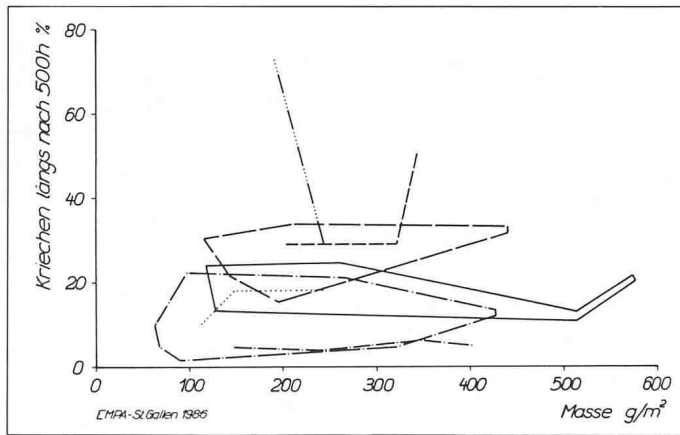


Bild 3. Abhängigkeit des Kriechens bei 25% der Reisskraft nach 500 h von der flächenbezogenen Masse

Bild 4. Abhängigkeit der Permittivität bei 200 kN/m² von der Masse

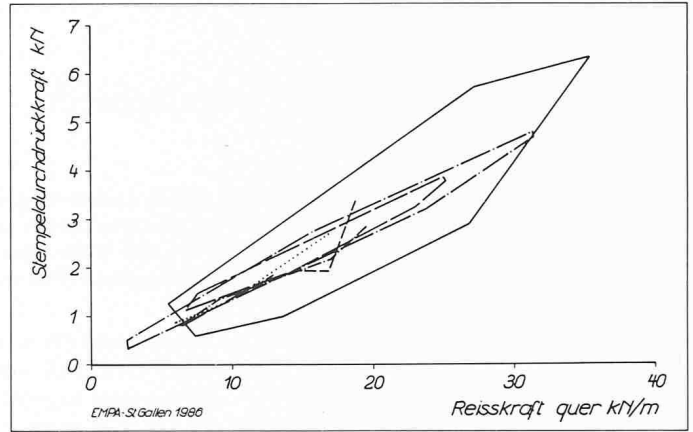
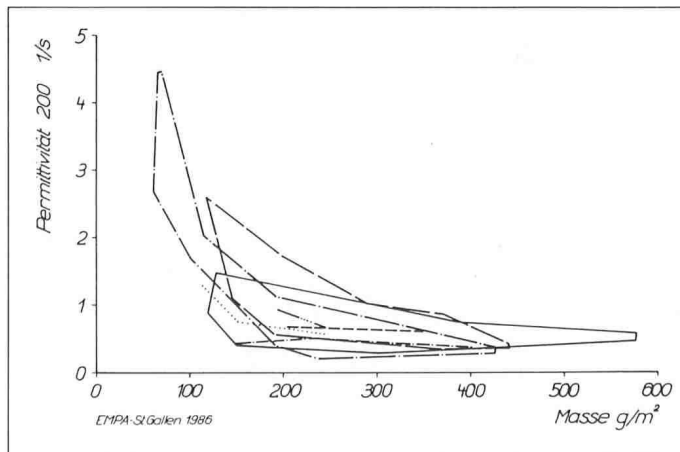


Bild 5. Zusammenhänge zwischen Reisskraft quer und Stempeldurchdrückkraft

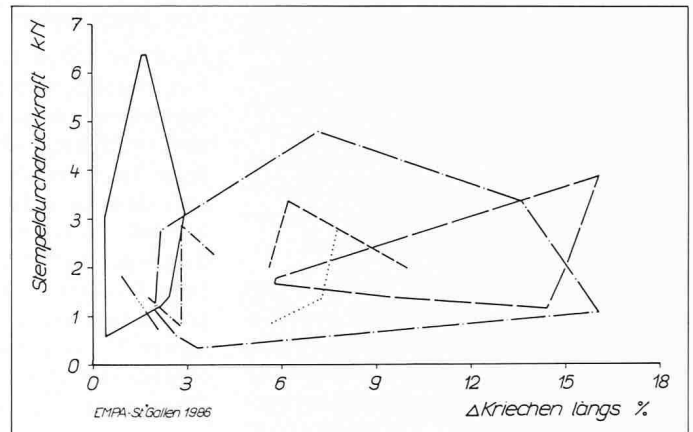


Bild 6. Zusammenhang zwischen Restkriechen und Stempeldurchdrückkraft

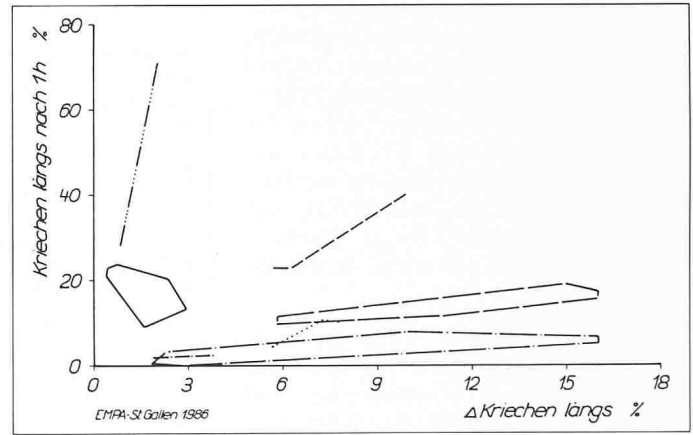
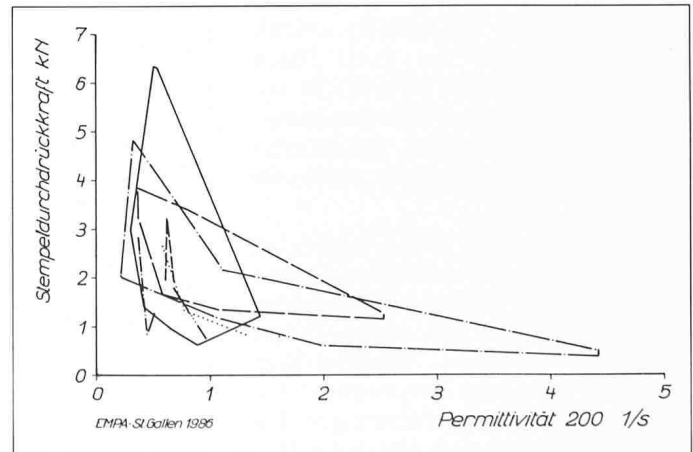


Bild 7. Vergleich zwischen Kriechen nach 1 h und Restkriechen

Bild 8. Gegenseitige Abhängigkeit von Permittivität bei 200 kN/m² und Stempeldurchdrückkraft



- tendenzmässig kleinere Durchschlagsfestigkeit.
- Beim Polyester vernadelt verhalten sich die Vliese aus Endlofasern – immer bei ähnlichem sonstigem Aufbau – und aus Stapelfasern wie folgt: Die Endlofasern weisen höhere Längsreiss-, Stempeldurchdrück- und Längsweiterreisskraft auf. Das Kriechen von Stapelfasern ist viel grösser nach 500 h. Hingegen ist das Restkriechen, gemessen zwischen 1 h und 500 h, etwa gleich. Allgemein ist die Reissdehnung bei Endlofasern bedeutend kleiner.
 - Ein Vergleich zwischen vernadelten und verfestigten Vliesen zeigt für die vernadelten folgendes Bild: Sie sind dicker und haben tendenzmässig eine höhere Dehnung, sie haben tendenzmässig eine höhere Transmissivität, sie kriechen tendenzmässig mehr.
- Im übrigen sind alle Eigenschaften vergleichbar.

Abhängigkeiten von Masse und Faserfeinheit

Die Faserfeinheiten, die in den vorliegenden Vliesen zwischen 15 und 53 µ betragen, haben vor allem auf das Dehnungsverhalten im unteren Kraftbereich einen Einfluss: Je feiner die Fasern gewählt werden, desto grösser ist die Dehnung bei 20% der Reisskraft.

Ausserdem wird das Kriechen tendenzmässig kleiner mit zunehmender Faserstärke.

Die Masse hat naturgemäss einen starken Einfluss auf die mechanischen Eigenschaften. Allerdings sind deutliche Unterschiede zwischen den einzelnen Produktgruppen erkennbar. Im Bild 2 ist der Zusammenhang zwischen Reisskraft und Masse dargestellt, aufgeteilt nach Materialart. Das Bild 2 zeigt folgendes:

- Eine klare Korrelation zwischen Reisskraft längs und quer.
- Die Materialien unterscheiden sich etwas voneinander.
- Die Reisskraft kann bei der Herstellung mit demselben Produktionsprozess in Grenzen gesteuert werden.

Ähnliches kann bei den übrigen Festigkeiten (Durchstossversuch, Weiterreisskraft und Durchschlagsversuch) festgestellt werden. Hingegen ist die Kriechneigung unabhängig von der Masse (Bild 3).

Die hydraulischen Eigenschaften wiederum sind eher von der Masse abhängig. So ist die Permittivität (Durchlässigkeit bezogen auf die Dicke, senkrecht zum Geotextil) um so grösser, je kleiner die Masse ist (Bild 4).

Kriterien	Flausige, mechanisch verfestigte Vliese aus Endlofasern	Harte, kalandrierte Vliese aus Endlofasern, thermisch gebunden	Gewebe
<i>Mechanische Eigenschaften</i>			
Reisskraft	+ bis ++	++	+++
Reissdehnung	+++	++	+
Durchschlagsfestigkeit	+++	+ bis ++	+ bis ++
Weiterreisskraft	+++	+	++
Verankerung im Boden	+++	++	+ bis ++
<i>Hydraulische Eigenschaften</i>			
Durchlass vertikal (Permittivität)	+++	++	+ bis +++
Durchlass horizontal (Transmissivität)	+++	+	0
Porengrösse	+++	++	+ bis +++

+ klein ++ mittel +++ gross

Tabelle 2. Eigenschaften verschiedener Geotextil-Konstruktionen

Mechanische Eigenschaften

Die mechanischen Merkmale hängen relativ stark voneinander ab. So sind Korrelationskoeffizienten von 0,9 und höher nicht überraschend. Im Bild 5 ist die Korrelation zwischen Reisskraft quer und Stempeldurchdrückkraft dargestellt.

Eine für gewisse Anwendungen wichtige Eigenschaft dürfte das Kriechen sein. Dabei spielt das Restkriechen, d.h. die Differenz zwischen der Längenänderung nach 500 und 1 h für die Praxis eine wesentliche Rolle. In Bild 6 ist das Restkriechen gegenüber der Stempeldurchdrückkraft dargestellt. Es fällt auf, in welchen grossen Bereichen diese Eigenschaften streuen bzw. wie hier durch gezielte Massnahmen in der Produktion die Ergebnisse gesteuert werden können.

Interessant dürfte auch der Vergleich zwischen dem Kriechen nach 1 h und dem Restkriechen sein. Es sind praktisch alle Varianten möglich zwischen wenig Kriechen nach 1 h/wenig Restkriechen und hohem Kriechen nach 1 h/hohem Restkriechen (Bild 7).

Bedingt durch die verschiedenen Materialien und Konstruktionen ist kein Zusammenhang zwischen Dehnung und z.B. Reisskraft erkennbar. Selbst innerhalb gleicher Materialien und Konstruktionen streut die Dehnung in weiten Grenzen bzw. kann fabrikatorisch gesteuert werden.

Hydraulische Eigenschaften

Unter hydraulischen Eigenschaften werden hier Permittivität, Transmissivität und die wirksame Porenöffnung verstanden. Die Definition dieser Grössen lauten nach SN 640 550 folgendermassen: Die Permittivität ist der Quotient aus der Durchlässigkeit senkrecht zum Geotextil und der Dicke des Geo-

textils. Die Transmissivität ist das Produkt aus der Durchlässigkeit in der Ebene des Geotextils und der Dicke des Geotextils. Der wirksame Porendurchmesser entspricht dem mittleren Korndurchmesser einer Sandmischung, bei dem 90% der Fraktion in und auf dem Geotextil zurückgehalten wird.

Während die wirksame Porenöffnung nur sehr wenig von Geotextil zu Geotextil variiert (0,09 bis 0,15 mm), streuen Permittivität und Transmissivität bedeutend mehr. Das Bild 8 gibt interessante Hinweise auf die gegenseitige Abhängigkeit von Permittivität und Festigkeit (Stempeldurchdrückkraft). Von den geprüften Vliesen weist keines gleichzeitig hohe Stempeldurchdrückkraft und hohe Permittivität auf.

Ausblick

Die hier dargestellten Zusammenhänge zeigen, dass weitere Entwicklungen möglich sind. Sicher werden neue Entwicklungen, teilweise auch aufgrund der hier gewonnenen Erkenntnisse, dazu führen, dass einzelne Produkte bezüglich der erforderlichen Eigenschaften optimiert werden können.

Interessante, den Rahmen dieses Artikels jedoch sprengende, weitere mehrfache Zusammenhänge sind aufgrund der Daten im Geotextilhandbuch [1] eruierbar. Zum Abschluss sei ein Beispiel für thermisch verfestigte Polypropylenvliese (16 Qualitäten von zwei Herstellern) erwähnt: Durch eine quadratische Mehrfachkorrelation kann der Lochdurchmesser beim Durchschlagswiderstand aufgrund der Masse, der Dichten bei 2 und 200 kN/m² sowie der Quadrate der Dichten bei 2 und 200 kN/m² auf ±5% genau vorausgesagt

werden. Auf diese Weise liessen sich noch viele Eigenschaften relativ genau berechnen. Es muss aber davor gewarnt werden, diese Korrelation für Extrapolationen heranzuziehen. Durch Material- und Konstruktionsänderungen sind immer auch Verschiebungen in den Zusammenhängen zu erwarten.

Literatur

- [1] Das Geotextilhandbuch, Herausgeber: Schweizerischer Verband der Geotextilfachleute (SVG); Vogt Schild AG, Solothurn, 1985.
[2] SN 640 550 bzw. «Prüfungsvorschriften zur Eignungsprüfung der Geotextilien». Strasse und Verkehr, Nr. 11/1983.

Leicht gekürzte Fassung des Artikels in Textilveredlung 21 (1986), H. 3, S. 93.

Adresse des Verfassers: E. Martin, Dipl.-Phys. ETH, Leiter der Abt. Textilphysik, EMPA St. Gallen, 9001 St. Gallen.

Die Hauptaufgaben der Geotextilien

Theoretische Ansätze und Dimensionierungskriterien

Von Rudolf Rügger, St. Gallen

Geotextilien übernehmen in ihrer vielfältigen Anwendung in erster Linie die Aufgaben: **Trennen, Filtern, Drainieren, Armieren und Verstärken.**

In allen diesen Aufgaben stehen die Geotextilien im Kontakt mit Bodenmaterial und Wasser. Für jede Aufgabe muss das Geotextil bestimmte massgebende Eigenschaften aufweisen, die auf die verschiedenen Randbedingungen aus Boden, Belastung, Wasser, Hydraulik abzustimmen sind. Neben statischen Anforderungen stehen dabei vor allem die hydraulischen Kriterien Durchlässigkeit/Porendurchmesser der Geotextilien im Vordergrund.

Die Geotextileigenschaften

Geotextilien weisen bestimmte mechanische und hydraulische Eigenschaften sowie Beständigkeiten gegen chemische, biologische und physikalische Einflüsse auf.

Diese Eigenschaften werden mittels standardisierter Laborversuche geprüft. (Vgl. neue SN-Norm 640 550 «Geotextilien» und die Prüfvorschriften nach VSS/SVG, beide enthalten im Geotextilhandbuch, Kapitel 1.)

Mechanische Eigenschaften

- **Geotextildicke** T_g [mm, m], gemessen unter verschiedenen Normaldrücken.
- **Reisskraft** r [$\text{kN} \cdot \text{m}^{-1}$], gemessen im Streifenzugversuch (bei Vliesen mit Breithaltern).
- **Reissdehnung** ϵ_r [%], gemessen im Streifenzugversuch (bei Vliesen mit Breithaltern) zusammen mit der Reisskraft.
- **Kriechdehnung** ϵ_{kr} [%], gemessen im Streifenzugversuch bei 25% Reisslast.
- **Stempeldurchdrückkraft** R_p [kN], Bruchkraft, mit der ein normierter Stempel in ein kreisförmig gespanntes Geotextil gedrückt wird.
- **Durchschlagswiderstand** O_d [mm], Loch, das durch den Aufprall eines normierten Kegels aus normierter Fallhöhe auf ein kreisförmig gespanntes Geotextil entsteht.

Hydraulische Eigenschaften

- **Durchlässigkeit senkrecht zum Geotextil** k_n [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$],

Gemessen in einem Permeameter unter verschiedenen Normaldrücken auf das Geotextil mit entlüftetem, entmineralisiertem Wasser;

kann auch durch die sogenannte Permittivität ausgedrückt werden:

- **Permittivität** = Durchlässigkeit k_n / T_g [s^{-1}],
- **Durchlässigkeit in der Geotextilebene** k_t [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$],

Gemessen in einem Permeameter unter verschiedenen Normaldrücken auf das Geotextil mit entlüftetem, entmineralisiertem Wasser;

kann auch durch die sogenannte Transmissivität angegeben werden:

- **Transmissivität** = Durchlässigkeit $k_t \cdot T_g$ [$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$],

- **wirksamer Porendurchmesser** O_w [mm];

Der wirksame Porendurchmesser wird durch eine Nasssiebung mit einem Testboden (rundkörniger Testsand) bestimmt.

- **Beständigkeit;** Die Beständigkeit wird durch den Reisskraftabfall einer normierten Einflüssen ausgesetzten Geotextilprobe gegenüber der Reisskraft der Ursprungsprobe charakterisiert.
- **Reisskraftabfall** [%]: Untersucht werden: chemische Einflüsse (Säuren/Basen), Biologische Einflüsse (Mikroorganis-

men), Physikalische Einflüsse (UV-Strahlen).

Zusammengefasst gibt dies folgende (z. B. in einer Geotextilausschreibung) mit Grenzwerten zu spezifizierende Eigenschaften:

Mechanische Eigenschaften:

Reisskraft	r	[$\text{kN} \cdot \text{m}^{-1}$]
Reissdehnung	ϵ_r	[%]
Kriechdehnung	ϵ_{kr}	[%]
Stempeldurchdrückkraft	R_p	[kN]
Durchschlagswiderstand	O_d	[mm]

Hydraulische Eigenschaften:

Durchlässigkeit (quer)	k_n	[$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]
Permittivität k_n / T_g		[s^{-1}]
Durchlässigkeit (längs)	k_t	[$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]
Transmissivität $k_t \cdot T_g$		[$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$]

Beständigkeit:

Reisskraftabfall	
Säuren	[%]
Basen	[%]
Mikroorganismen	[%]
UV-Strahlen	[%]

Alle diese Grössen gehören in das Datenblatt, das ein Geotextil charakterisiert. Für die meisten handelsüblichen Produkte sind sie auch im Produktkatalog des Geotextilhandbuches enthalten.

Selbstverständlich sind in einer Ausschreibung nur die wichtigen, d. h. für den spezifischen Anwendungsfall massgebenden Eigenschaften zu spezifizieren.

Mit den beschriebenen Eigenschaften können Geotextilien verschiedene wichtige Aufgaben im breitgefächerten Erd- und Wasserbau übernehmen.

Die Hauptaufgaben

Geotextilien übernehmen als flächenartige, zugfeste und durchlässige Gebilde die Aufgaben Trennen, Filtern, Drainieren, Armieren/Verstärken (vgl. Bild 1).

Für die Dimensionierung der Geotextilien, das heisst für das Festsetzen der Grenzwerte der massgebenden Eigenschaften, müssen verschiedene Randbe-