

Die Hauptaufgaben der Geotextilien: theoretische Ansätze und Dimensionierungskriterien

Autor(en): **Rüegger, Rudolf**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

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

Heft 40

PDF erstellt am: **28.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-76258>

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.

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.
- **Stempeldurchdruckkraft** 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}	[%]
Stempeldurchdruckkraft	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-

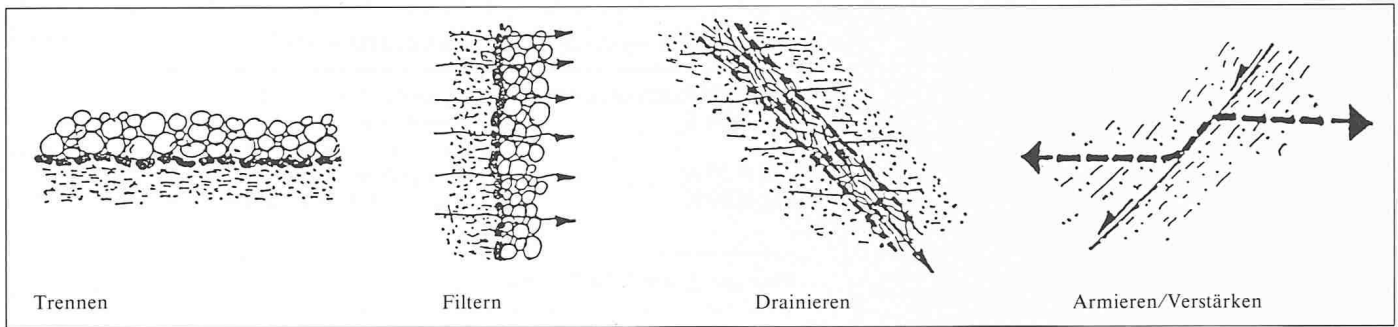


Bild 1. Die Hauptaufgaben der Geotextilien

dingungen bezüglich Boden, Belastung, Wasser, Hydraulik bekannt sein. Die Tabelle 1 gibt einen Überblick.

In den folgenden Ausführungen liegt der Schwerpunkt auf der Behandlung der wichtigen Filterkriterien, während die mechanischen Kriterien nur am Rande gestreift werden. Details hierzu enthält das Geotextilhandbuch.

Trennen

Trennen heisst, dass zwei Bodenschichten mit unterschiedlichem Kornaufbau und damit auch Eigenschaften voneinander getrennt werden sollen (Bild 2).

Anwendungsschwerpunkte

Strassenbau, Bahnbau mit Trennung zwischen Untergrund und Fundamentschicht, Oberbau bzw. Schotter.

An das Geotextil werden zwei Grundanforderungen gestellt:

mechanisch

- Verhinderung der Materialdurchmischung;

hydraulisch

- Begrenzung der Ausschwemmung von Feinmaterial ins Grobmaterial,
- Verhinderung von einseitigem Wasserstau.

Massgebende Eigenschaften des Geotextils

Mechanische Eigenschaften

Bei den mechanischen Eigenschaften müssen die Reisskraft und die Reissdehnung zusammen betrachtet werden. Signifikante Grösse ist dabei die Reissarbeit:

$$\text{Reissarbeit} = \text{Reisskraft} \cdot \text{Reissdehnung.}$$

Wenn ein Geotextil entsprechend dem konkreten Anwendungsfall die verlangte Mindestreisskraft aufweist, muss es gleichzeitig in Abhängigkeit zum Kontaktmaterial eine Mindestdehnung aufweisen.

Tabelle 1. Hauptaufgaben der Geotextilien

Hauptaufgaben	Trennen	Filtern	Drainieren	Verstärken/Armieren
Boden: Hauptgrössen Nebengrössen	KV, K, M_E CBR, c_u	KV, k M_E, CBR, c_u	KV, k M_E, CBR, c_u	KV, ϕ, M_E CBR, c_u
Wasser: Hauptgrössen Nebengrösse	Druck Durchfluss Chemismus	Durchfluss Gradient Chemismus	Durchfluss Gradient Chemismus	
Belastung:	Normaldruck σ	Normaldruck σ	Normaldruck σ	Zugkraft Z Normaldruck σ
Massgebende Eigenschaften Geotextil	Poren- durchmesser Permittivität Reisskraft Reissdehnung	Poren- durchmesser Permittivität Durchlässigkeit	Poren- durchmesser Transmissivität	Reisskraft Reissdehnung Kraft-Dehnung Kriechen Reibung (Boden-Geotextil)

Definitionen:

KV = Korngrössenverteilungskurve [-]
 k = Durchlässigkeit des Bodens [$m \cdot s^{-1}$]
 M_E = Zusammendrückungsmodul [$MN \cdot m^{-2}$]
 CBR = California Bearing Ratio [%]
 c_u = undrainierte Scherfestigkeit [$kN \cdot m^{-2}$]

ϕ = Reibungswinkel des Bodens [$^\circ$]
 σ = Normaldruck auf das Geotextil [$kN \cdot m^{-2}$]
 z = Zugkraft im Geotextil [$kN \cdot m^{-1}$]
 $d_{(x)}$ = Korndurchmesser bei (x) Gew. %
 $d_{(x)}$ = Korndurchgang [mm]
 C_u = Ungleichförmigkeitsgrad (d_{60}/d_{10}) [-]

Diese Mindestdehnung wurde in Abhängigkeit von der Körnung des Kontaktmaterials und der Festigkeit der weichen Schicht (Untergrund) gemäss der Tabelle 2 festgelegt.

In den meisten Anwendungsfällen dürfen auch Geotextilien verwendet werden, die eine geringere Dehnung als die verlangte Mindestdehnung aufweisen, wenn diese durch eine höhere Reisskraft kompensiert wird.

Erhöhte Reisskraft:

$$r^* \geq \frac{r \cdot \varepsilon_{\text{erforderlich}}}{\varepsilon_{\text{vorhanden}}}$$

$$r^* \geq r \cdot G$$

mit dem Geotextilfaktor

$$G = \frac{\varepsilon_{\text{erforderlich}}}{\varepsilon_{\text{vorhanden}}}$$

r = Mindestreisskraft nach Anwendungsfall

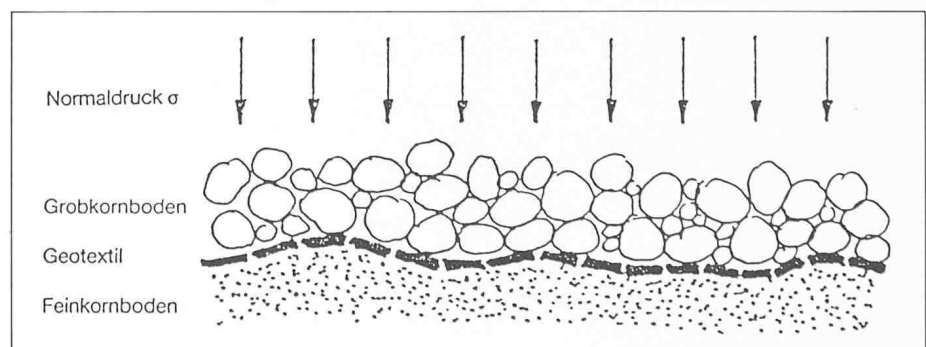
Hydraulische Eigenschaften

Die folgenden Kriterien gelten nur, wenn das Geotextil nicht gleichzeitig als Filter wirken muss und permanent durchflossen wird.

- Durchlässigkeit k_n (Permittivität ψ):

Die Durchlässigkeit des Geotextils soll mindestens so gross sein wie die Durch-

Bild 2. Trennen mittels Geotextil



lässigkeit des angrenzenden feinkörnigen Bodens. Somit ist:

Durchlässigkeit Geotextil

$k_n \geq k(\text{Boden})$ [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$], oder

Permittivität Geotextil

$\psi \geq k/T_g$ [s^{-1}],

T_g = Dicke des Geotextils [m];

k , ψ , T_g sind abhängig vom Normaldruck σ .

- wirksamer Porendurchmesser O_w :

Maximalwert für O_w :

Bindige Böden $O_w \leq 2 d_{85}$

Nichtbindige Böden $O_w \leq d_{85}$

Bedingungen, wenn der Grobkornanteil (d_{85}) $\geq 30 \text{ mm}$

Minimale Reissdehnung¹: Untergrund (vgl. Abschnitt 1.2.1.7)
 $\epsilon_{\min} \geq 40 \%$ sehr weich, weich,

$\epsilon_{\min} \geq 30 \%$ Tragfähigkeitsklasse S0, S1
 $\epsilon_{\min} \geq 20 \%$ steif, Tragfähigkeitsklasse S2
sehr steif, hart, Tragfähigkeitsklasse S3, S4

Bedingung, wenn der Grobkornanteil (d_{85}) $< 30 \text{ mm}$

Minimale Reissdehnung¹ unabhängig vom Untergrund $\epsilon_{\min} \geq 15 \%$

Tabelle 2. Mindestdehnung gemäss Geotextilhandbuch SVG

Filtern

Filtern heisst, dass eine feinkörnige und eine grobkörnige Bodenschicht durch ein Geotextil getrennt werden, wobei von der feinkörnigen zu der grobkörnigen Schicht ein möglichst druckfreier Wasserdurchfluss zu gewährleisten ist. Zudem soll das Durchschwemmen von Bodenpartikeln aus der feinkörnigen Schicht durch das Geotextil möglichst behindert werden (Bild 3).

Anwendungsschwerpunkte

Entwässerungen, Wasserbau (Erosionsschutz) mit dem Ziel des Ersatzes aufwendiger mineralischer Zwischenschichten.

An das Geotextil werden zwei Grundanforderungen gestellt:

hydraulisch

Gewährleistung des möglichst druckfreien Wasserdurchflusses durch das Geotextil: *Hydraulische Wirksamkeit*;

mechanisch

Behinderung der Ausschwemmung von Feinmaterial (Bodenentzug) und damit Transport des Feinmaterials ins Grobmaterial: *Mechanische Filterstabilität*.

Damit ein Geotextil als Filter eingesetzt werden kann, muss es eine minimale Durchlässigkeit (hydraulische Wirksamkeit) und eine maximale wirksame Porenweite (mechanische Filterstabilität) aufweisen.

Dazu gehören natürlich auch anwendungsspezifische mechanische Mindestanforderungen wie: Reisskraft / Reissdehnung (vgl. Trennen) und Stempeldurchdruckkraft / Durchschlagswiderstand.

Massgebende Eigenschaften des Geotextils:

Hydraulische Eigenschaften

- *Durchlässigkeit k_n* (Permittivität ψ): Die eingesetzten Geotextilien sollen auch bei Bodeneinlagerungen oder bei Versinterungserscheinungen durchlässig bleiben. Ferner ist die meist ungenaue Erfassung der Bodendurchlässigkeit zu berücksichtigen.

Die Forderung lautet daher:
Durchlässigkeit

$k_n \geq (10 \div 100) k(\text{Boden})$ [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$], oder

Permittivität
 $\psi \geq (10 \div 100) k(\text{Boden})/T_g$ [s^{-1}],
 T_g = Dicke des Geotextils [m];

k , ψ , T_g sind abhängig vom Normaldruck σ .

Grundsätzlich ist der Faktor 100 anzustreben, dies gilt insbesondere bei feinkörnigen Böden, hohem Gradienten und dynamischer Filterbelastung.

- *Wirksamer Porendurchmesser O_w* :

Die Bestimmung des maximal zulässigen Porendurchmessers des Geotextils ist meist das heikle Problem. Der Aufbau und die Eigenschaften des abzufilternden Bodens müssen in die Beurteilung miteinbezogen werden.

Die Bodenarten lassen sich dabei hinsichtlich ihrer filtertechnischen Anforderungen wie folgt charakterisieren: Bereiche der Korngrössenverteilung (Bild 4, entsprechend Abbildung 2.6 aus SN-Norm 670 125 a). Die Bereiche bedeuten:

Bereich A

Bindige Böden: Tone, tonige Silte: USCS-Klassen CH, CL, ML-CL.

Zusätzlich bindige Mischböden: GC, SC, GC-CL, SC-CL, GC-CH, SC-CH.

Bei diesen Böden kann ein Ausschwemmen des Feinmaterials durch die vorhandene Kohäsion behindert werden. Zudem ist die Durchlässigkeit und damit der Wasserandrang bei diesen Böden meist sehr gering.

Das Wasser zirkuliert vorwiegend in Kanälen, Zwischenschichten mit einem größeren Kornaufbau und damit erhöhter Durchlässigkeit.

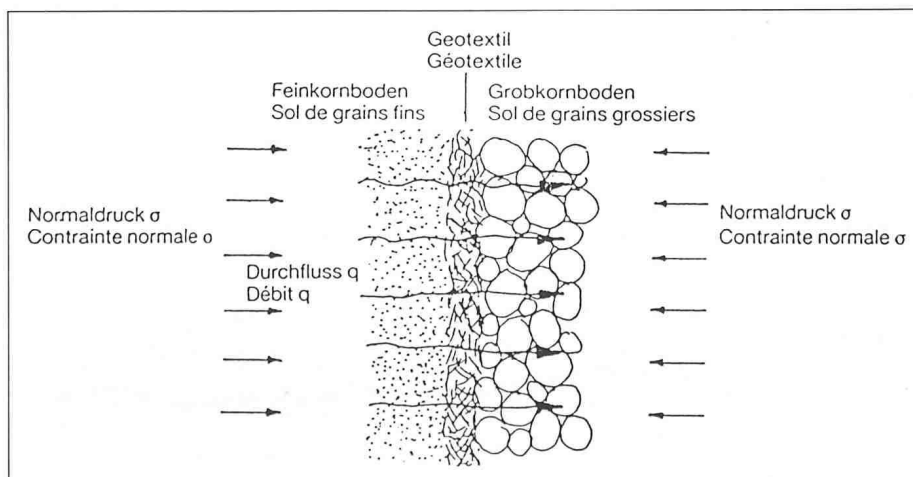
Für die Gewährleistung der mechanischen Filterstabilität genügen daher bei statischer Filterbelastung und kleinem Gradienten oft auch Geotextilien mit sehr grossem wirksamem Porendurchmesser ($O_w > 2 \cdot d_{85}$).

Bereich B

Nichtbindige Böden: Silte, sandige Silte, Feinsande: USCS-Klassen SM, SM-ML, ML, SP.

Zusätzlich nichtbindige gemischtkörnige Böden: GM, GM-ML.

Bild 3. Filtern mittels Geotextil



Diese Böden sind meist stark erosionsgefährdet und erfordern eine sorgfältige Abstimmung des Geotextils, da die Eigenschaften des Bodens zum Aufbau eines eigenen natürlichen Filters fehlen können. Im besonderen sind Böden mit gleichförmiger Korngrössenverteilung gefährdet. Für die Gewährleistung der mechanischen Filterfestigkeit ist daher ohne Versuche die strikte Einhaltung der im folgenden angegebenen Kriterien zu empfehlen.

Bereich C

Kiese und Grobsande: USCS-Klassen GW, SW, GP.

Diese Böden sind von ihrem Kornaufbau her im allgemeinen wenig erosionsgefährdet, da die enthaltenen groben Körner ein gegenüber dem Feinmaterial filterfestes Korngerüst aufbauen können (innere Filterfestigkeit).

Für die Gewährleistung der mechanischen Filterstabilität genügen daher bei statischer Filterbelastung und kleinem Gradienten oft auch Geotextilien mit sehr grossem wirksamem Porendurchmesser ($O_w > 2 \cdot d_{85}$), da diese Böden ein eigenes, filterfestes Korngerüst aufbauen können.

Die notwendigen filtertechnischen Randbedingungen dieses Phänomens sind bis heute nicht qualifizierbar, und die Hinweise für die filtertechnischen Anwendungsbereiche (später beschrieben) sind zu beachten.

Für die Beurteilung des maximal wirksamen Porendurchmessers bestehen schliesslich aufgrund der Wirkungsweise zwei gegenläufige filtertechnische Anforderungen (Anforderungsbereiche I, II), wobei je nach Priorität der einen oder der anderen der Vorzug zu geben ist.

Anwendungsbereiche I, II nach Tabelle 3 Beispiele für die Anforderungsbereiche

Anforderungsbereich I: Drainagen mit geringem Zufluss: statische Filterbelastung. Anforderungsbereich II: Flächenfilter unter Bahngleisen: dynamische Filterbelastung.

Grundanforderung

Der wirksame Porendurchmesser ist so klein zu wählen, dass das Feinmaterial weitgehend zurückgehalten und damit der Transport von Bodenmaterial behindert wird.

Anforderungsbereich I:

Kriterium: nach SN 670 125 a «Filtermaterialien»: $O_w \leq 2 \cdot d_{85}$

Anforderungsbereich II:

Sind Bodenausspülungen weitgehend zu verhindern (Anforderungsbereich II), ist der wirksame Porendurchmesser auf die Korngrössenverteilung des Bodens und dessen Bindigkeit abzustimmen.

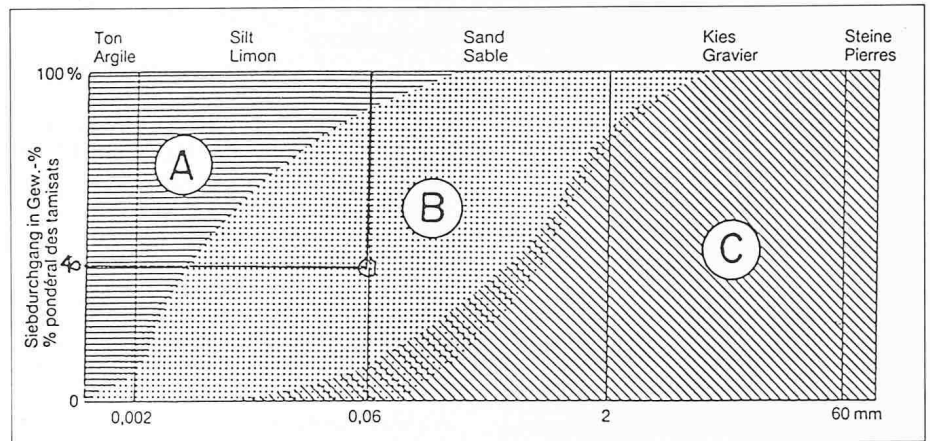
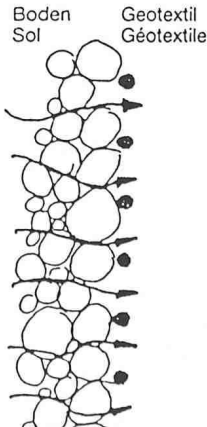
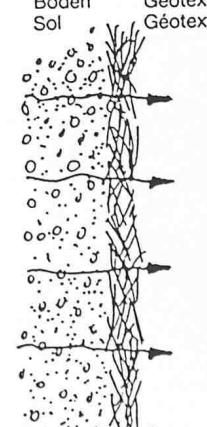


Bild 4. Bereiche der Korngrössenverteilung

Tabelle 3. Filterfunktion, Anwendungsbereiche gemäss Geotextilhandbuch SVG

Anforderungsbereich I	Anforderungsbereich II
Zur Gewährleistung hoher Durchlässigkeit und geringer Verstopfungsgefahr dürfen Materialausschwemmungen hingenommen werden.	Hohes Bodenrückhaltevermögen bei ausreichender Durchlässigkeit
Da $O_w > d_{100}$ sein kann, können labile Filterverhältnisse auftreten, die bei entsprechender hydraulischer oder mechanischer Belastung des Systems zu Bodenausspülungen führen. Diese dürfen andere Komponenten, zum Beispiel eines Entwässerungssystems und des Bauwerkes selbst in der Funktion nicht gefährden.	Damit werden geometrisch sichere Filterbedingungen geschaffen (Sperrbedingung). Die Bodenpartikel werden auch bei hoher hydraulischer und mechanischer Belastung zurückgehalten.
Tendenz in der Wahl des geeigneten Geotextils:	
offenporige Geotextilien	feinporige Geotextilien
Bodenbeschaffenheit:	
Boden in sich filterstabil, vermag natürliche Filter aufzubauen	Boden in sich nicht filterstabil, Aufbau eines natürlichen Filters fraglich
Hydraulische Belastung:	
Durchfluss bei kleinem Gradienten, statische Filterbelastung	Durchfluss bei grossem Gradienten, statische oder dynamische Filterbelastung
	

Die folgenden Filterregeln beruhen auf vergleichenden Betrachtungen für Geotextilien und mineralischen Filtern sowie Ausführungserfahrungen.

Feinkörnige Böden: $d_{40} < 0,06 \text{ mm}$ (Bild 4)

Filterkriterien:
bindige Böden

CL, CH, SC Kriterium 1: $O_w \leq 10 \cdot d_{60}$
Kriterium 2: $O_w \leq 2 \cdot d_{85}$
nichtbindige Böden

ML, SM Kriterium 1: $O_w \leq 6 \cdot d_{60}$
Kriterium 2: $O_w \leq d_{85}$

Bei dynamischer Filterbelastung können zusätzliche Untersuchungen sinnvoll sein.

Bei stark bindigen homogenen Böden (Korngrößenverteilung im Bereich A, Bild 4), deren Korngrößenverteilung im dort angegebenen Bereich liegt, kann auf die Anwendung der gegebenen Filterkriterien verzichtet werden, da eine Kornausspülung durch die Kohäsion behindert wird. Zudem ist die Durchlässigkeit solcher Böden sehr gering und die Strömungsgeschwindigkeit vernachlässigbar.

Grob- und gemischtkörnige Böden:

$d_{40} > 0,06 \text{ mm}$ (Bild 4)

Filterkri- Filterbelas-
terien: stung:

	statisch:	dynamisch:
Kriterium 1:	$O_w \leq 5 \cdot d_{10} \cdot \sqrt{C_u}$	$O_w \leq 1,5 \cdot d_{10} \cdot \sqrt{C_u}$
Kriterium 2:	$O_w \leq d_{85}$	$O_w \leq d_{60}$
	$C_u = d_{60}/d_{10}$	

Die angegebenen Formeln gelten für Böden mit stetig verlaufenden Kurven der Korngrößenverteilung. Verlaufen die Kurven im unteren Teil sehr flach, so ist eine Anpassung für den massgebenden Durchmesser d'_{10} notwendig. In solchen Fällen ist die Tangente an die Kurve bei d_{20} mit der 10%-Linie zu schneiden und der so gewonnene Ersatzwert d'_{10} in die Filterformel einzusetzen.

Drainieren

Drainieren heisst, dass über das Geotextil aus einem in der Regel feinkörnigen Boden Wasser abgeführt werden soll (Bild 7).

Anwendungsschwerpunkte

Aussen-, Stützmauerentwässerung, Tunnelbau; Konsolidationsdrains (Dämme auf weichem Untergrund).

An das Geotextil werden zwei Grundanforderungen gestellt:

hydraulisch

Abfluss des seitlich zuströmenden Wassers im Kern des Geotextils bei möglichst kleinem Gradienten (Druckverlust): *Hydraulische Wirksamkeit*;

mechanisch

Verhinderung der Ausschwemmung von Feinmaterial (Bodenentzug) und damit Transport ins Innere des Geotextils, wobei dadurch die wichtige Durchlässigkeit im Geotextilkern reduziert würde: *Mechanische Filterstabilität*.

Damit ein Geotextil als Drainage eingesetzt werden kann, muss es eine minimale Transmissivität (Durchlässigkeit in der Ebene) des Kernes und einen maximalen wirksamen Porendurchmesser in den äusseren Schichten aufweisen.

In der Praxis stehen daher für solche Anwendungen *Verbundstoffe* mit einem offenporigen Kern hoher Transmissivität und feinporigen äusseren Schichten (Filter) geringer Porenweite im Vordergrund. Die Dimensionierung solcher Drainagen setzt eine sehr gute Kenntnis über die anfallenden Wassermengen und die Druckverhältnisse voraus.

Abgeleitet nach dem hydraulischen Gesetz von Darcy (Bild 8) ergibt sich der Durchfluss pro Zeit für ein Geotextil der Breite B :

$$Q = \theta \cdot \frac{\Delta h}{L} \cdot B \text{ [m}^3 \cdot \text{s}^{-1}\text{]}$$

θ = Transmissivität des Geotextils [$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$]

Für die Praxis wird aus vorgegebenen hydraulischen Bedingungen meist die minimal erforderliche Transmissivität des zu verwendenden Geotextils gesucht:

$$\theta \geq \frac{f \cdot Q \cdot L}{\Delta h \cdot B} \text{ oder}$$

$$\theta \geq \frac{f \cdot Q}{B \cdot i}; i = \frac{\Delta h}{L}$$

f ist ein Sicherheitsfaktor. Er ist für einlagige Geotextilien zu mindestens 4,0 und bei Verbundstoffen mit Kern hoher Transmissivität zu 2,0 anzunehmen.

Zu beachten ist ferner die oft praktisch umgekehrt proportionale Transmissivität des Geotextils zum wirkenden Normaldruck. Es sollte daher in der Regel die Transmissivität beim jeweiligen maximal auftretenden Normaldruck (z. B. Erddruck) bekannt sein.

Der wirksame Porendurchmesser der äusseren Schichten ist nach den Filterkriterien für den strengerer Anforderungsbereich II zu bemessen.

Die Durchlässigkeit für den seitlichen Wasserzustrom soll mindestens jenem des Untergrundes entsprechen.

Verstärken / Armieren

Armieren heisst, mit dem Geotextil Zugspannungen aufnehmen und damit den Boden derart zu verfestigen, dass er

Bild 5. Drainieren mittels Geotextil

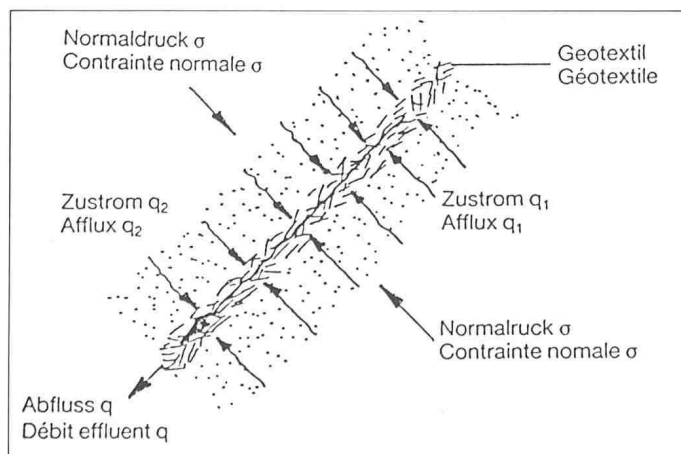
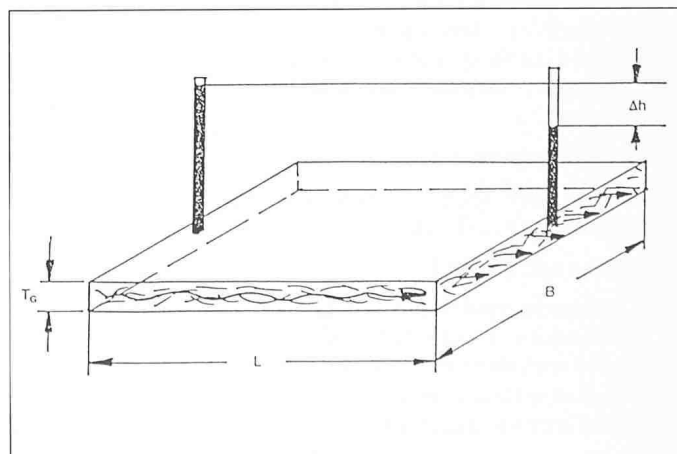


Bild 6. Wasserdurchfluss in der Ebene des Geotextils (Transmissivität)



die Funktion eines armierten Bauteiles übernehmen kann (Bild 9).

Anwendungsschwerpunkte

- Stützkonstruktionen / Polsterwände (Erstellung übersteiler Böschungen);
- Fussarmierung von Dämmen auf weichem Untergrund.

An das Geotextil werden folgende Grundanforderungen gestellt:

mechanisch

- Aufnahme von Zugkräften unter möglichst geringen Deformationen: *Armierung*;
- Übertragung der Zugkräfte über Scherkräfte in den Boden: *Verbund Geotextil-Boden*;

Langzeitverhalten: Durch das Kriechen des Zuggliedes dürfen keine langfristigen, für das Bauwerk unzulässigen Deformationen auftreten.

hydraulisch

Ausreichende Durchlässigkeit zur Verhinderung eines Wasserstaus über oder unter dem Geotextil.

Geotextilarmierte Konstruktionen sind ein Spezialgebiet, das eine gute Kenntnis der Bodenmechanik (Bruchmechanismen, Deformationsverhalten, Verbundwirkung mit Geotextil) voraussetzt, so dass kaum allgemein gültige Regeln angegeben werden können.

Die folgenden Angaben sind als grobe Richtwerte zu verstehen.

Mechanische Kriterien

Bauwerke mit geringen zulässigen Verformungen: Dehnung (elastisch):

Bei Gebrauchskraft (Zug) z $\epsilon_z \leq 3\%$

Dehnung (Kriechen):

Bei 25% der Reisskraft r im Versuch gemessen $\epsilon_{kr} \leq 3\%$

Bauwerke mit zugelassenen Verformungen:

Bedingungen werden durch die Anwendung bestimmt und können nicht allgemein festgelegt werden.

Zugbeanspruchung:

Die zulässigen Zugkräfte z_{zul} dürfen höchstens einen Drittel der Reisskraft r betragen.

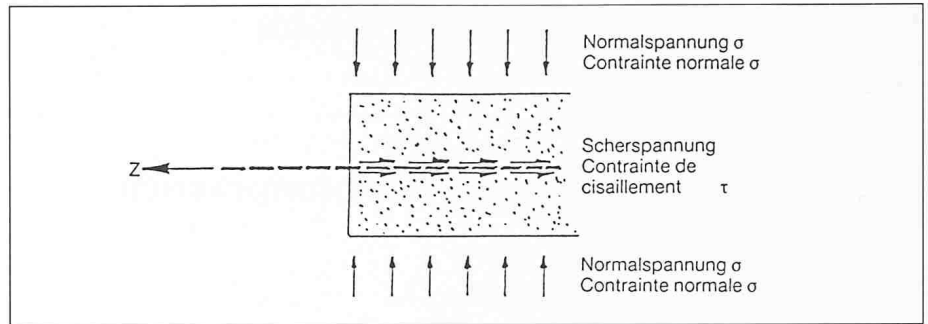


Bild 9. Verstärken/Armieren mittels Geotextil

Oft werden die zulässigen Zugkräfte z_{zul} durch die tolerierbaren Deformationen bestimmt.

Verankerung:

Die Verankerung ist anwendungsspezifisch und muss von Fall zu Fall festgelegt werden.

Minimale Verankerungslängen von 1,50 m sind einzuhalten.

Hydraulische Kriterien

Permittivität ψ : Wenn mit Wasserdurchfluss zu rechnen ist, Durchlässigkeit k_n :

$$\psi \geq 100 \cdot k / T_G \quad (T_G = \text{Dicke Geotextil in m})$$

$$(k = \text{Durchlässigkeit Boden} = m \cdot s^{-1})$$

$$\text{oder } k_n \geq 100 \cdot k$$

Schlussbemerkungen

Die in diesem Beitrag eingehender beschriebenen und weitgehend dem Handbuch entnommenen Kriterien für die Bemessung von Durchlässigkeit und wirksamer Porenweite haben allgemeine Gültigkeit und gelten für die meisten Anwendungen in Entwässerungen und im Wasserbau sowie bei Filteraufgaben im Strassen- und Bahnbau.

Die mechanischen Kriterien sind stärker anwendungsabhängig, und es kann daher praktisch nur die verlangte Min-

destdehnung wertmässig angegeben werden.

Reisskraft, Stempeldurchdruckkraft, Durchschlagswiderstand, Kriechmass usw. werden von der Art der Anwendung und der spezifischen Beanspruchung beim Einbau (Planum, Schüttmaterial, Unterwassereinbau usw.) und im Endzustand (Zugkräfte, Verformungen) bestimmt.

Auskunft darüber geben die einschlägigen Kapitel des Geotextilhandbuchs:

- Kapitel 4 «Strassenbau»,
- Kapitel 5 «Bahnbau»,
- Kapitel 6 «Dammbau / Stützkonstruktionen»,
- Kapitel 7 «Entwässerungen»,
- Kapitel 8 «Wasserbau»,
- Kapitel 9 «Ingenieurbiologie»,
- Kapitel 10 «Tunnelbau».

Literatur

SN-Norm 640 550 «Geotextilien»
 SN-Norm 670 125 «Filtermaterialien»
 Prüfvorschriften für Geotextilien VSS / SVG (Geotextilhandbuch, Kapitel 1)
 Geotextilhandbuch, Schweizerischer Verband der Geotextilfachleute, Verlag Vogt + Schild, Solothurn, 1985

Adresse des Verfassers: R. Rügger, dipl. Bauing. ETH/SIA, (Mitautor des Geotextilhandbuchs SVG), c/o Rügger AG, Beratende Ingenieure für Geotechnik, Foundationen, Baugeologie, Oberstrasse 200, 9013 St. Gallen.