

# Bewehren mit Geotextilien

Autor(en): **Hufenus, Rudolf / Rügger, Rudolf**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **118 (2000)**

Heft 29/30

PDF erstellt am: **25.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-79947>

## **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.

Rudolf Hufenus und Rudolf Rügger, St. Gallen

## Bewehren mit Geotextilien

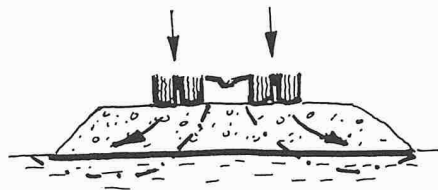
**Der Einsatz von Geotextilien mit der Aufgabe des Bewehrens gewinnt immer mehr an Bedeutung. In der Schweiz existieren aber bisher keine Arbeitsinstrumente zur Festlegung von Anforderungen an entsprechende Produkte. Die international verfügbaren Dokumente zu den Funktionen Bewehren und Verstärken sind unbefriedigend, da sie weder klare Vorgehensweisen noch eindeutige Mindestanforderungen aufweisen. Insbesondere fehlen Grundlagen, um das Langzeitverhalten von Geotextilien mit Bewehrungsaufgabe voraussagen zu können.**

Geotextilien sind heute Bauelemente, die aus dem Erd-, Strassen- und Bahnbau nicht mehr wegzudenken sind und täglich in grossen Mengen verbaut werden. Sie übernehmen Aufgaben der Materialtrennung, der Filterung und - meist als Sonderprodukte - auch der Drainierung. Die Schweizer Anwendungsnorm SN 640 552 [1] legt die Mindestanforderungen an die Eigenschaften von Geotextilien mit den Hauptaufgaben Trennen, Filtern und Drainieren im Strassen, Wege- und Bahnbau sowie in Entwässerungen fest [2]. Grundlage für diese Norm war in vielen Bereichen das Geotextilhandbuch [3] des Schweizerischen Verbandes der Geotextilfachleute.

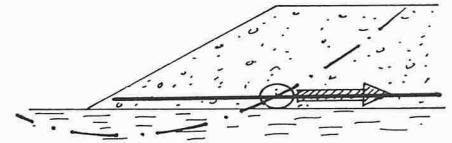
Neuer sind Einsätze von Geotextilien als Schutzschichten für Dichtungsmembranen (Tunnel- und Deponiebau) und für angeschüttete Bauteile sowie als Bewehrungselemente für Konstruktionen nach der Art der «bewehrten Erde». Beispiele hierfür sind verstärkte Fundamentalschichten im Strassen-, Wege- und Bahnbau, Dammaufstandsflächen, bewehrte Steilböschungen, rückverhängte Stütz- und Verkleidungsbauwerke sowie Sonderanwendungen im Deponiebau (Bild 1).

### Die Situation heute

In der Schweiz fehlen weitgehend Hinweise, Richtlinien oder gar Normen für Anwendungen mit permanenter Bewehrungsfunktion des Geotextils. Insbesondere fehlen befriedigende Arbeitsinstrumente zur Festlegung von Anforderungen an entsprechende Produkte. Der Ingenieur und Planer kennt die Einsatzmöglichkeiten nur wenig und kann diese oft auch nicht bewerten, da ihm die Kenntnis des Konstruierens mit Geokunststoff



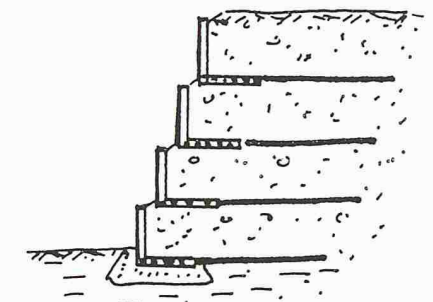
verstärkte Fundamentalschichten



Dammaufstandsflächen



bewehrte Steilböschungen



rückverhängte Stützbauwerke

1

### Anwendungsbeispiele für Geotextilien mit Bewehrungsaufgaben

fen fehlt. Von Herstellern und Lieferanten erarbeitete Hilfsmittel führen - selbst wenn sie fachlich korrekt sind - zu einer Wettbewerbsverzerrung. Auch die international verfügbaren Dokumente zu den Funktionen Bewehren und Verstärken sind unbefriedigend. Sie umfassen weder klare Vorgehensweisen noch eindeutige Mindestanforderungen.

Die europäische Normierungsorganisation CEN hat die ursprünglich geplante Festlegung von Minimalanforderungen an spezifische Geotextil-Eigenschaften nicht weiterverfolgt. Die sich im Entwurf befindenden Anforderungsnormen verlangen lediglich, die jeweiligen Eigenschaften für eine spezifische Anwendung zu deklarieren. Kernstück dieser Normen ist eine Auflistung der Relevanz der Geotextileigenschaften bezüglich ihrer Einsatzbedingungen. Bei den anzuwendenden Prüfverfahren wird dabei unterschieden zwischen Prüfungen, die zur Anerkennung des Produkts im Rahmen der Bauproduktrichtlinie vorgeschrieben werden, und solchen, die für sämtliche oder für besondere Einsatzbedingungen relevant sind. Bild 2 zeigt die entsprechende Relevanztafel nach Europäischer Norm [4] für Geotextilien, die im Erd- und Grundbau und in Stützbauwerken eingesetzt werden.

Die Eigenschaftswerte sind vom Hersteller als Durchschnittswerte und Tole-

ranzgrenze(n) für einen Vertrauensbereich von 95% anzugeben, wobei deren Ermittlung auf während der Produktion durchgeführten Kontrollmessungen zur Qualitätssicherung beruht. Ein Prüfverfahren zur Verifizierung der Werte, das sicherstellen soll, dass höchstens 5% der Produktion eines Herstellers um einen vorgegebenen Wert von den deklarierten Nominalwerten abweicht, wird zwar vorgeschrieben. Es wird aber dem Abnehmer überlassen, wie er sich von der Richtigkeit des Datenblattinhalts überzeugt. Diese höchst unbefriedigende Situation verlangt wiederum nationale Lösungen [5], wie beispielsweise den Produktkatalog des Schweizerischen Verbandes der Geotextilfachleute [6].

### Anforderungen an Geotextilien mit Bewehrungsfunktion

Für die Beurteilung der mechanischen Grundanforderungen an ein Verstärkungsbeziehungswise Bewehrungsgeotextil ist die Kenntnis über dessen Einsatz und die Kombination mit anderen Bauelementen wichtig. Bewehren beziehungsweise Verstärken heisst, dass mit dem Geotextil Zugspannungen aufgenommen werden und der Boden derart verfestigt wird, dass er die Funktion eines bewehrten Bauteils übernehmen kann.

Massgebend für Geotextilien mit Bewehrungs- und Verstärkungsaufgaben

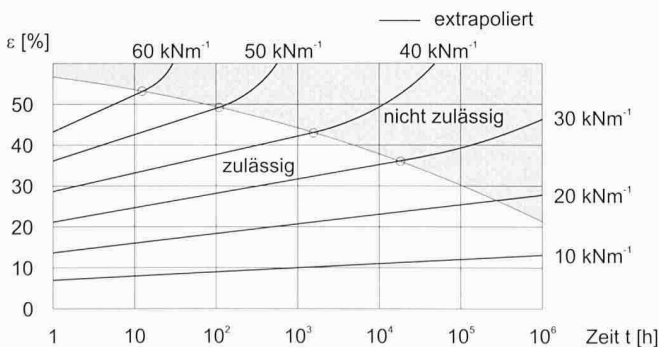


sind in erster Linie deren mechanische Eigenschaften (Zugfestigkeit, Dehnungsverhalten, Zeitstandverhalten, Kriechmass) sowie die Beständigkeit gegen chemische, biologische und physikalische Angriffe. Für die Bemessung bewehrter Konstruktionen ist zusätzlich die Kenntnis des Reibungsbeiwerts wichtig. Je nach Anwendung übernehmen Bewehrungsgeotextilien auch noch Aufgaben des Trennens, Filterns und Drainierens, wobei sie dann auch die entsprechenden Anforderungen nach SN 640 552 [1] erfüllen müssen. Die zulässige Gebrauchsfestigkeit  $z$  ist bei Geotextilien sehr viel geringer als die Zugfestigkeit  $r$ . Für die Gebrauchsfestigkeit  $z$  ist folgender Ansatz zweckmässig [7]:

$$z = \frac{r}{A_1 \cdot A_2 \cdot A_3 \cdot A_4 \cdot \gamma}$$

- $A_{1...4}$  Abminderungsfaktoren
- $A_1$  entscheidende Abminderung durch das Zeitstandverhalten bzw. Verformungsverhalten unter Dauerlast (Kriechen)
- $A_2$  Beschädigung der Bewehrung durch Transport, Einbau und Verdichtung
- $A_3$  Verarbeitung (Verbindungsstellen, Anschlüsse an Bauteile)
- $A_4$  Umgebungseinflüsse (Witterungsbeständigkeit, Beständigkeit gegen Chemikalien, Mikroorganismen und Tiere)
- $\gamma$  Partial- oder Bauteilsicherheitsbeiwert zur Berücksichtigung von Streuungen im Produkt, geometrischen Ungenauigkeiten usw.

Für die Ermittlung von  $A_1$  sind Zeitstandversuche beispielsweise bei 80%, 60%, 40% und 20% der Zugfestigkeit  $r$  durchzuführen (Bild 3). Die Langzeitstandfestigkeit kann als gegeben betrachtet werden, wenn die Kurven im Dauerzugversuch bis 10 000 h bei logarithmischer Zeitachse eindeutig geradlinig verlaufen oder sogar eine Krümmung nach unten aufweisen. Bei einer sich nach oben krümmenden Kurve ist die Langzeitstandfestigkeit für die jeweilige Zugbelastung nicht mehr garantiert.



3 Beispiel eines Zeitstandversuchs

**Nach Europäischer Norm anzuwendende Prüfverfahren**

- Erd- und Grundbau
- Stützbauwerke

**Aufgabe des Geotextils**



Eigenschaft/Prüfkriterium	Trennen	Filtern	Bewehren
Zugfestigkeit	vorgeschrieben	vorgeschrieben	vorgeschrieben
Dehnung bei Höchstlast	immer relevant	immer relevant	vorgeschrieben
Festigkeit von Verbindungen	zum Teil relevant	zum Teil relevant	zum Teil relevant
Durchdrückwiderstand	vorgeschrieben	zum Teil relevant	vorgeschrieben
Durchschlagfestigkeit	immer relevant	vorgeschrieben	vorgeschrieben
Reibung	zum Teil relevant	zum Teil relevant	immer relevant
Zugkriechen	unwesentlich	unwesentlich	immer relevant
Einbaubeschädigung	immer relevant	immer relevant	immer relevant
Öffnungsweite	immer relevant	vorgeschrieben	unwesentlich
Durchlässigkeit senkrecht	zum Teil relevant	vorgeschrieben	zum Teil relevant
Alterungsbeständigkeit	zum Teil relevant	zum Teil relevant	zum Teil relevant

**2 Relevanzmatrix nach Europäischer Norm [4]**

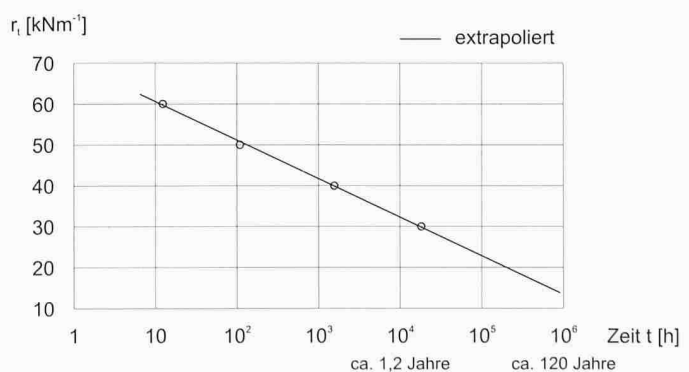
Dem Verlauf der Kurven für die verschiedenen Zugbelastungen kann schliesslich die minimale Standfestigkeit in Abhängigkeit der Belastungszeit  $t$  entnommen werden (Bild 4). Dabei können Extrapolationen über eine Zehnerpotenz als gesichert und über zwei Zehnerpotenzen als noch bedingt gesichert bezeichnet werden.

Die Faktoren  $A_2$  (Beschädigungen durch Transport, Einbau oder Verdichtung) und  $A_3$  (Verbindungen) sind vor allem produkteabhängig und sind mit entsprechenden Prüfungen (beispielsweise Einbauversuchen) zu bestimmen; sie können nicht global angegeben werden. Vom Produzenten sind entsprechende Angaben für seine Produkte zu verlangen. Die Angaben gelten grundsätzlich nur für permanente Bewehrungen mit ausreichender Bodenüberdeckung beziehungsweise einem Schutz mit einer Frontabdeckung, wenn eine permanente direkte Bewitterung ausgeschlossen werden kann.

$A_4$  ist der Einflussfaktor für die chemische Beständigkeit. Für Geotextilien ist die Bewitterung als härtester Umgebungs-

einfluss einzustufen. Insbesondere der UV-Anteil der Sonnenstrahlung kann Standardprodukten sehr stark zusetzen, wenn sie nicht sofort überdeckt werden. Ist ein Geotextil aber eingebaut, sind die Umgebungseinflüsse im Allgemeinen irrelevant. Nach über 30 Jahren Erfahrung mit dem Einbau von Geotextilien aus synthetischen Rohstoffen und aufgrund von Untersuchungen an ausgegrabenen Produkten kann angenommen werden, dass in normalem Boden und Wasser bei einem pH-Wert zwischen 4 und 9 auch langfristig kein relevanter Festigkeitsabfall zu erwarten ist, wenn das Geotextil nach den gängigen Prüfungen als hochbeständig gegen chemische und biologische Einflüsse taxiert werden kann und keine andauernden Bodentemperaturen über 25 °C zu erwarten sind.

Die Eigenschaften eines Geotextils im Praxiseinsatz sind im Allgemeinen zeitabhängig. Bei der Festlegung von Mindestanforderungen an Geotextileigenschaften muss daher die Eigenschaftsveränderung als Funktion von Beanspruchung und Zeit bekannt sein [7].



4 Beispiel für die Ermittlung der Zeitstandfestigkeit



## Stand der Forschung

Forschungsarbeiten zum Thema Langzeitverhalten von Geotextilien mit Bewehrungsaufgaben wurden in den letzten Jahren vermehrt angegangen, weil sich gezeigt hatte, dass routinemässige Laboruntersuchungen nur beschränkt eine Vorhersage der Lebensdauer eines mit Geotextilien ausgeführten permanenten Bauwerks erlauben (z.B. [8], [9], [10], [11]). Die Technische Universität München bearbeitet momentan zwei Forschungsaufträge der Bundesanstalt für Strassenwesen zum Thema Einbaubeanspruchung. Diese Arbeiten haben zur Hauptsache immer differenziertere Aussagen zu immer enger eingegrenzten Randbedingungen und Einflüssen zum Ziel. Daraus abgeleitete Interpretationen über das Verhalten in der Praxis, d.h. bei einem kombinierten Auftreten verschiedenster Einflüsse, sind meist zu spezifisch und als Hilfsmittel für Anwender im Allgemeinen nicht zu gebrauchen.

Das Langzeitverhalten von Geotextilien wurde vom Schweizerischen Verband der Geotextilfachleute auf der Basis umfangreicher Literaturrecherchen und eigener Prüfergebnisse untersucht [7]. Innerhalb dieser Arbeit war es aber nicht möglich, Mindestanforderungen an Geotextilien mit Bewehrungsaufgaben herzuleiten. Dies soll nun in einem durch das Bundesamt für Strassen finanzierten VSS-Forschungsvorhaben nachgeholt werden.

Ziele des Projekts «Geotextilien: Anforderungen an die Funktionen Bewehren und Schützen» sind:

- Wissenschaftlich fundierte Abschätzung der Abminderungsfaktoren (Zeitstandverhalten, Einbaubeschädigung, Verarbeitung, Umgebungseinflüsse) und Sicherheitsbeiwerte (Produktinhomogenität, geometrische Ungenauigkeiten usw.) zur Ermittlung der zulässigen Gebrauchsfestigkeit aus der Zugfestigkeit im Neuzustand.

- Entwicklung und Validierung eines Zeitrasterversuchs zur schnellen, wirtschaftlichen Ermittlung des Zeitstandverhaltens und eines Laborversuchs zur Ermittlung des Einflusses von Einbauschädigungen.

- Erarbeiten der Grundlagen zur korrekten Auswahl und Anwendung von Geotextilien mit Bewehrungs- und Schutzaufgaben. Festlegen von Minimalanforderungen an mechanische und hydraulische Langzeiteigenschaften. Beurteilung der Aussagefähigkeit gängiger Laboruntersuchungen.

Angestrebt wird eine Schweizer Norm, die sich in Analogie zu SN 640 552 [1] auf das Wesentliche beschränkt und keine Bemessungshinweise, Konstruktionsemp-

fehlungen usw. enthält. Sie soll die erforderlichen Grundlagen für die Auswahl des richtigen Geotextils liefern, also desjenigen Produkts, das den aus Projekt und Bemessung resultierenden Mindestanforderungen über die verlangte Gebrauchsdauer des Bauwerks genügt. Hierfür muss der Anwender die an das Geotextil zu stellenden mechanischen und hydraulischen Anforderungen sowie die erwartete minimale Lebensdauer kennen oder aus der Bemessung des Gesamtbauwerks herleiten können.

Durch die enorme Aktivität des CEN bei der Geotextilnormierung wird eine Flut neuer Prüfnormen und -resultate auf die Anwender von Geotextilien zukommen. Zur Beantwortung der Frage, ob und wie lange ein Geotextil die vorgesehene Funktion erfüllen kann, genügt es aber nicht, Ergebnisse von einzelnen Prüfungen getrennt zu betrachten. Vielmehr müssen Anwender diese Resultate interpretieren können sowie das Verhalten eines Geotextils unter kombinierten Einflüssen und damit Einsatzgrenzen und Sicherheitsbeiwerte für die Bemessung der Bewehrungs- und Schutzlagen kennen.

Das Projekt soll einerseits Erkenntnisse über den Einfluss der Voralterung durch die Einbaubeanspruchung auf das Langzeitverhalten der Geotextilien im Vergleich zu der Beurteilung aufgrund von Standardversuchen an Neuprodukten liefern. Insbesondere sollen Erläuterungen und Kommentare zu den entsprechenden Europäischen Normen erstellt werden. Des Weiteren soll der Einfluss variabler Parameter in den Laborversuchen unter Einbezug der Zugbeanspruchung untersucht werden. Dadurch sollten Angaben für ergänzende Prüfungen an Geotextilien mit permanenter Bewehrungsfunktion zur Beurteilung des Effekts der Voralterung, der Dauerspannung usw. möglich sein.

Je nach Aussagefähigkeit der Untersuchungsergebnisse werden Empfehlungen für Geotextilart- und rohstoffabhängige Sicherheitsbeiwerte zur Bemessung von Geotextilien mit permanenter Bewehrungs- und Schutzfunktion erarbeitet. Diese Empfehlungen liefern dem Anbieter auf dem Markt klare Vorgaben und dem Abnehmer Kontrollinstrumente für die Überprüfung der Projekte und der Ausführung. Dadurch wird langfristig eine Verringerung von Schäden an geotextilbewehrten Bauwerken erreicht.

Adresse der Verfasser:

Rudolf Hufenus, dipl. Phys. ETH, Eidg. Materialprüfungs- und Forschungsanstalt, 9014 St. Gallen, Rudolf Rieger, dipl. Bauing. ETH/SIA, Rieger Systeme, Oberstrasse 200, 9000 St. Gallen

## Literatur

- [1] SN 640 552: Geotextilien - Anforderungen für die Funktionen Trennen, Filtern, Drainieren. VSS, Zürich 1997
- [2] Rieger R.: Geotextilnormen gehören in die Praxis umgesetzt. Schweizer Ingenieur und Architekt, Nr. 20, 1999
- [3] Schweizerischer Verband der Geotextilfachleute SVG: Geotextilhandbuch. St. Gallen, 1985/1997
- [4] prEN 13251: Anforderungen an die Eigenschaften von Geotextilien und geotextilverwandten Produkten für die Verwendung in Erd- und Grundbau sowie in Stützbauwerken. CEN/TC 189, Brüssel, 1998
- [5] Hufenus R.: Hilfsmittel für die aufgabengerechte Auswahl von Geotextilien. Schweizer Ingenieur und Architekt, Nr. 20, 1999
- [6] Schweizerischer Verband der Geotextilfachleute SVG: Produktkatalog. St. Gallen, 2000
- [7] Hufenus R., Rieger R., Reifler F. & Raschle P.: Langzeitverhalten von Geotextilien. Kapitel 12 des Geotextilhandbuchs [3], 1997
- [8] Kharchafi M. & Dysli M.: Geotextilien als Armierungselemente. VSS-Forschungsprojekt 12/90 und 6/92, Forschungsbericht 283, 1983
- [9] Ashmawy A.K., Bourdeau P.L. & Dysli M.: Verhalten von mit Geotextilien verstärkten Böden unter zyklischen Belastungen. VSS-Forschungsprojekt 2/92, Forschungsbericht 362, 1996
- [10] Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik: Untersuchungen zum Kraftdehnungsverhalten von Geotextilien unter Bodeneinbaubedingungen. TU München, Heft 678, 1994
- [11] TU München: Der Einfluss der Verbundwirkung zwischen Boden und Geotextil auf das Verformungsverhalten von bewehrten Steilböschungen. Schriftenreihe Heft 26, 1997