Anwendung von Geotextilien im Bahnbau

Autor(en): **Ammann, John F.**

Objekttyp: **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-76261

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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Anwendung von Geotextilien im Bahnbau

Von John F. Ammann, Zug

Die beträchtliche dynamische Beanspruchung des Bahnkörpers kann ein Aufsteigen feinsten Materials aus feinkörnigen Schichten des Unterbaus in den Schotter des Oberbaus bewirken. Dies erschwert die Gramparbeit zur Korrektur der Gleisgeometrie oder verunmöglicht sie, da die Schotterkörner durch Verfüllung blockiert sind.
Zwischen dem Schotterbett und feinkörnigem Unterbaumaterial ist daher eine Filterschicht erforderlich, die als Filter gegen solches Feinmaterial wirkt. Mit dem Einbau geeigneter Geotextilien wird ein wirtschaftlicher Ersatz mineralischer Filtermaterialien bei gleichzeitiger Verbesserung des filtertechnischen Aufbaus angestrebt.

Grundgedanken zur Anwendung

Züge mit hoher Geschwindigkeit übertragen in einer Geleiseanlage grosse dynamische Kräfte über Schienen und Schwellen auf den Schotter und den Unterbau. Die dynamische Beanspruchung bewirkt - in der Gegenwart von Wasser - bei feinkörnigem Untergrund (tonige und siltige Böden) ein *Hochsteigen von Feinmaterial* in das darüberliegende Schotterbett.

Dies führt zur Verschlammung des Schotterbettes, was die Gramparbeit zur Regulierung der Gleisgeometrie sehr erschwert oder verunmöglicht, da die Schotterkörner mit Feinmaterial verfüllt und blockiert sind.

Im Bahnbau erfordert diese Erscheinung den Einbau eines geeigneten Zwischenmaterials zwischen feinkörnigem Untergrund und dem Schotterbett. Dabei sind vor allem *Filterkriterien* zu erfüllen, damit der Aufstieg von Feinmaterial verunmöglicht wird. Dieses Problem lässt sich in ähnlichem Sinn lösen wie andere Filterprobleme, z.B. nach dem *Filterkriterium von Terzaghi*, d. h. mit dem Einbau einer zusätzlichen mineralischen Filterschicht.

Zur Verringerung der Bahnkosten liegt es nahe, die kostspieligen mineralischen Filtermaterialien möglichst durch Geotextilien zu ersetzen, die in der Handhabung einfach sind und wenig Platz beanspruchen, was auch die Aushubkosten senkt. Ausserdem bietet das Geotextil die Möglichkeit, gewisse Verstärkungsaufgaben zu übernehmen. Ziel der Anwendung von Geotextilien im Bahnbau ist somit der wirtschaftliche Ersatz von mineralischen Filtermaterialien durch ein geeignetes Geotextil, d. h. Einsparung bei geichzeitiger Verbesserung des allgemeinen filtertechnischen Aufbaus.

Erfahrungen

Wenn ein neues Produkt mit weltweitem Liefer- und Kundenservice verfügbar wird, so liegt es nahe, dass der projektierende Ingenieur solche Produkte nutzbringend anwenden will. So wurden Geotextilien im Bahnbau schon vor mehreren Jahren in verschiedenen Ländern versuchsweise auf gewissen Strecken eingebaut. Verschiedene Bahngesellschaften in Europa und Nordamerika haben über ihre Erfahrungen mit solchen Versuchsstrecken in zahlreichen Publikationen berichtet.

Dem praktisch tätigen Bahnbauer soll das Geotextil-Handbuch SVG praxisbezogene Angaben anbieten. Daher war es unerlässlich, die Literatur über solche Geotextil-Anwendungen möglichst vollständig zu erfassen und auszuwerten. Das Literaturverzeichnis des Handbuchs enthält einen Auszug, nämlich etwa 20 Prozent aller gesichteten Publikationen.

Übereinstimmende bzw. ähnliche Aussagen

Die in der Literatur übereinstimmenden oder praktisch ähnlichen Angaben zu den wesentlichen Punkten sind in der Tabelle 1 zusammengefasst.

Gegensätzliche Erfahrungen

Verschiedene Autoren berichten über positive Erfahrungen bei der Verwendung von Vliesstoffen als horizontal durchflossene Filter (Transmissivität). Andere Aussagen bestreiten den Erfolg bei dieser Anwendungsart.

Die Gegensätzlichkeiten könnten daher rühren, dass die untersuchten Produkte unterschiedliche und schwer vergleichbare Eigenschaften aufweisen.

Vereinzelte Autoren halten das direkte Verlegen des Schotters auf das Geotextil für möglich, während andere aufgrund beobachteter Verletzungen des Geotextils eine Gefährdung sehen.

Filterkriterien

Die Literaturübersicht zeigt, dass weltweit das *Festlegen eines geeigneten Filterkriteriums* für eine grundsätzliche Bemessungsregel vordringlich ist.

Festzustellen ist dabei, dass den aufgrund der bisherigen Erfahrungen im Bahnbau zu fordernden Filterkriterien erst vereinzelte der heute erhältlichen Geotextilien nahe kommen.

Dass die herkömmlichen Filterkriterien, die für mineralische Filterschichten gelten, für Geotextilien nicht ohne weiteres anwendbar sind, dürfte darin begründet sein, dass das Geotextil im Gegensatz zum mineralischen Filter praktisch *kein Aufnahmevolumen* für die Aufnahme und endgültige Einlagerung von Feinkörnern aufweist. So gesehen, müsste grundsätzlich der wirksame Porendurchmesser von Geotextilien unbedingt feiner gewählt werden als bei mineralischen Filtern. Dies gilt insbesondere im Bahnbau, wo die dynamischen Beanspruchungen eine besondere Rolle spielen.

Einbauvarianten

Die Tabelle 2 hält die wichtigsten Begriffe fest, wie sie das Geotextil-Handbuch definiert. Wichtig ist die gegenüber dem Strassenbau abweichende Grenze zwischen Ober- und Unterbau, die im Bahnbau nach schweizerischer Praxis zwischen dem Schotterbett und der zum Unterbau gehörenden Fundationsschicht festgelegt ist.

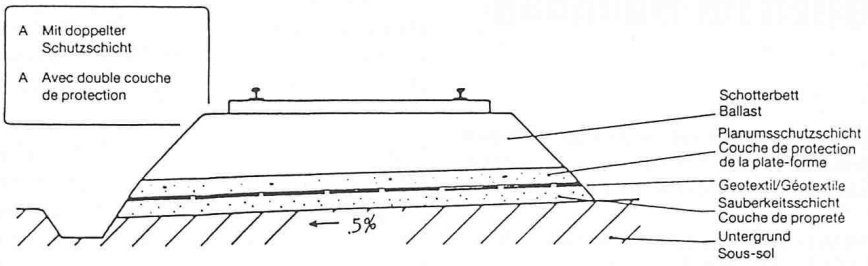
Entwurfsgrundlagen

Bei der Projektierung eines Gleis-Aufbaus mit Geotextilien bieten sich zwei Wege an:

1. *Festlegen des Normalprofils* mit dem detaillierten Schichtaufbau, anhand dessen das Geotextil hernach auszuwählen und zu bemessen ist.

Tabelle 1. Übereinstimmende Angaben aus der Literatur (Geotextil-Handbuch SVG)

1. Geotextilien im Bahnbau können Filter- sowie Schutzschichten nicht vollständig ersetzen. Versuche der vollständigen Substitution von Sauberkeitsschichten sind zwar dann möglich, wenn keine wesentliche Filteraufgabe erfüllt werden muss, bedingen aber schwere Materialien bzw. Verbundstoffe (Kostenfrage).
2. Bei den berichteten Fällen erfolgreicher Geotextil-Anwendung stehen die Vliese stark im Vordergrund.
3. Die wichtigste Kenngrösse für die Wahl des Geotextils ist in der Regel der wirksame Porendurchmesser, da die Rückbehaltsaufgabe zumeist gegenüber der Durchlässigkeitsaufgabe vorrangig ist.
4. Mehrere Autoren schlagen als Filterkriterium vor:
   EOS $\leq$ 0,04–0,06 mm
   EOS $\leq d_{85}$
   EOS entspricht nicht dem wirksamen Porendurchmesser O_w. Die Grösse EOS wird gemessen mit der Methode des C.E.M.A.G.R.E.F., hydrodynamische Siebung mit alternierendem Wasserdurchfluss durch das Geotextil *(Fayoux D.* [5.22, 5.23]).
5. In Ermangelung einer detaillierteren Kenncharakteristik wurde vorwiegend das Flächengewicht angeführt. Die empfohlenen Werte schwanken zwischen 250 und 1000 $g \cdot m^{-2}$.
   Nach Stand heutiger Erkenntnisse sind statt Flächengewicht eher die speziellen Materialeigenschaften massgebend.
6. Vor- bzw. Nachteile von Nadelvliesen gegenüber thermisch verfestigten Vliesen kompensieren sich im allgemeinen.

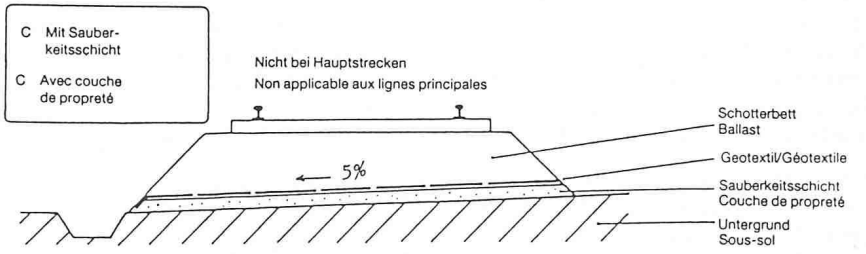


Kritik: Idealer Aufbau bei ungünstigem Untergrund sowie Wasserverhältnissen (empfohlener Aufbau der SBB und der DB).

Critique: Structure idéale pour un sous-sol et des conditions hydrologiques défavorables (structure recommandée par les CFF et les DB).

Bild 1. Einbau mit doppelter Schutzschicht

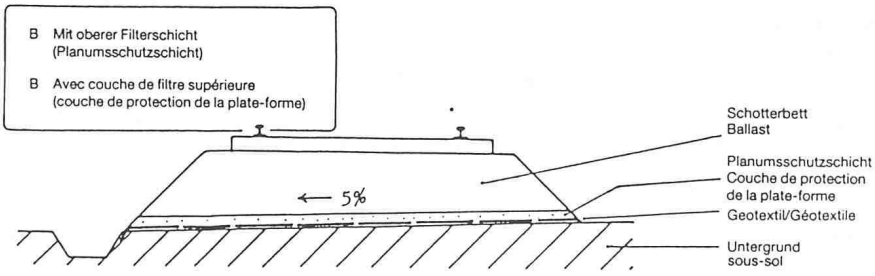
Bild 2. Einbau mit oberer Filterschicht



Kritik: Geeignet bei Wassernähe, birgt aber Gefahr der Perforation bei scharfen Schotterkomponenten (Schotterstärke ≥ 35 cm ab UK Schwelle).

Critique: Approprié au voisinage d'eau, présente le risque de perforation pour des composantes du ballast à arêtes vives (épaisseur du ballast ≥ 35 cm à partir de la face inférieure de la traverse).

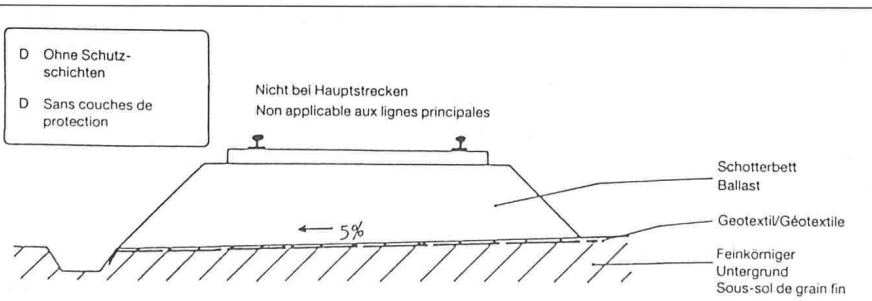
Bild 3. Einbau mit Sauberkeitsschicht



Kritik: Nur falls kein Grund- bzw. Hangsickerwasser, da sonst Feinmaterial durchs Geotextil aufsteigt, andernfalls werden ausserordentlich feinporige und dicke Vliese erforderlich.

Critique: Seulement conseillé dans les cas sans nappe d'eau phréatique ou d'eau d'infiltration de versant, sinon le matériau fin résurge à travers le géotextile, ou bien des nontissés à pores très fins et épais sont nécessaires.

Bild 4. Einbau ohne Schutzschichten



Kritik: Eher ungeeignet, höchstens bei Zutreffen folgender Situation:
- Kein Grund- oder Sickerwasser
- auf genügende Schotterbettstärke achten.

Für Geotextilien, die im Zusammenhang mit Drainagen, Flächenfiltern unter Dammschüttungen usw. eingesetzt werden, verweisen wir auf das Kapitel 7 «Entwässerungen».

Critique: Plutôt impropre, sauf lorsque la situation suivante se présente:

- pas de nappe phréatique ou d'eau d'infiltration
- veiller à une épaisseur suffisante du ballast

Pour les géotextiles mis en œuvre en rapport avec des drainages, couches filtrantes sous des remblais, etc., nous renvoyons au chapitre 7 «Evacuation d'eau».

Oberbau:
Umfasst Schiene, Schwelle und Schotterbett.
Unterbau:
Umfasst Fundationsschicht, eventuell Übergangs- oder Schutzschichten, künstliche Dammschüttungen.
Schotter, Schotterbett:
Oberste lastverteilende Schicht direkt unter Schwelle, bestehend aus gebrochenem, hartem Gestein etwa gleichförmiger Körnung.
Planie der Fundationsschicht:
Oberfläche der Fundationsschicht Anforderung: Zusammendrückungsmodul $M_{E_2} \geq 15$ bis 70 MN·m^{-2}, je nach Gleiskategorie.
Fundationsschicht:
Verdichteter Kiessand als tragende Schicht unter dem Schotter, in der Regel frostsicher (gemäss SN 670 120).
Planumsschutzschicht:
Schicht von geeignetem Material zum Schutz des Planums und zur Trennung vom Schotter, falls kein geeignetes anderes Zwischenmaterial an dieser Stelle vorhanden ist (vgl. Planumskiessand SBB).
Geotextil:
Beständige, wasserdurchlässige Textileinlage zur Trennung und gegebenenfalls Reduktion der Nachbarschichten.
Sauberkeitsschicht (auch «Übergangsschicht»):
Filtertechnische Trennschicht zwischen Untergrund und darauf verlegtem Geotextil oder nächster Materialschicht.
Planum:
Fertig bearbeitete Oberfläche des Untergrundes, der Dammschüttung oder einer eventuellen Übergangsschicht (SBB: $M_{E_2} \geq 15$ MN/m^2).
Dammaterial:
Verdichtete Schichten auf dem Untergrund zum Erreichen eines Planums auf gewünschter Höhe.

Tabelle 2. Begriffsdefinitionen gemäss Geotextil-Handbuch SVG

2. Ein bestimmtes *Geotextil ist vorgesehen*; der Aufbau des Normalprofils ist entsprechend anzupassen.

Das Geotextil-Handbuch ist auf das Vorgehen nach der ersten Variante ausgerichtet. Nach Festlegung des Normalprofils ist die Beanspruchung des Geotextils mehr oder weniger abschätzbar, d. h. die wichtigsten Randbedingungen sind gegeben.

In den Bildern 1 bis 4 sind die vier Normalprofiltypen bzw. Einbauvarianten dargestellt. Jeder Aufbautyp hat je nach Untergrundverhältnissen und Beanspruchungssituation seine besonderen Vor- und Nachteile.

Bemessung des Geotextils

Entscheidungsablauf

Für die richtige Wahl des Geotextils wird ein Vorgehen nach den folgenden fünf Entscheidungsschritten vorgeschlagen: 1. Problembeschreibung; 2. Einbauort des Geotextils; 3. Aufgaben des Geotextils; 4. Massgebende Randbedingungen; 5. Massgebende Eigenschaften des Geotextils mit zugehörigen Grenzwerten.

Bemessungsgrundlagen

Die Durchsicht der Literatur über Versuche mit Geotextilien im Bahnbau zeigen das Herleiten eindeutiger Bemessungsgrundlagen als grosse Schwierigkeit. Einerseits fehlt ein mathematisches Rechenmodell für das grundsätzliche Problem. Anderseits erschwert die Vielfalt der individuell verschiedenen Beanspruchungssituationen eine generelle Interpretation oder gar Anwendung der beschriebenen Ergebnisse von Feld- und Laborversuchen.

Eine direkte Übernahme der Filter-Erfahrungen aus dem Wasserbau, wo wesentlich mehr und besser interpretierbare Versuchsresultate vorliegen, ist nicht ohne weiteres möglich, da im Bahnbau wesentliche dynamische Beanspruchungen hinzukommen.

Die hier angegebenen Bemessungsvorschläge sind daher lediglich als Hinweise aufzufassen. Sie sind das Ergebnis ausgedehnter Diskussionen in der Technischen Kommission des SVG.

Hauptaspekte der Bemessung sind einerseits die Eignung des Geotextils für die hydraulischen Aufgaben, anderseits die Eignung, Kräfte aufzunehmen oder die Fähigkeit, trotz Verformung funktionsfähig zu bleiben.

Hydraulische Eigenschaften

Das Filtermaterial muss zwei gegenläufige Forderungen erfüllen:

- Genügende *Durchlässigkeit*, so dass keine Verstopfung (Kolmatation) zu befürchten ist;
- *Filterstabilität*, d. h. Sicherheit gegen Materialverluste, die von Sickerströmungen im Sinn von Feinstofftransport erfolgen könnten.

Während für die Durchlässigkeit ein Geotextil mit grossem wirksamem Porendurchmesser wünschbar scheint, ist für die Filterstabilität ein den vorhandenen Feinanteilen angemessen kleiner Porendurchmesser zu fordern.

Die Erfahrungen der Praxis, besonders aus Misserfolgen, haben viele Fälle ungenügender Filterstabilität, d. h. ein Aufsteigen von Feinanteilen in das Schotterbett trotz des Geotextils, gezeigt. Anderseits werden Einzelfälle von Kolmatation zwar vermutet; dem Verfasser ist jedoch kein eindeutiges Beispiel bekannt.

Daher liegt es nahe, der Filterstabilität, d. h. der genügend kleinen Porenöffnungsweite im Bahnbau, besondere Aufmerksamkeit zu schenken.

Erforderliche Durchlässigkeit des Geotextils

Mit einer nach oben offenen Bedingung wird die Mindestdurchlässigkeit k_n des Geotextils gefordert:

$k_n \geqq 100 \cdot k$,

d. h. die Durchlässigkeit soll mindestens das 100fache derjenigen des benachbarten Untergrundes betragen.

Diese Bedingung ist im Bahnbau in der Regel nicht entscheidend, da das Problem von Bodenausspülungen (Hochsteigen von Feinanteilen in den Schotter) im Vordergrund steht.

Wirksamer Porendurchmesser

Diese für die Trenn- bzw. *Rückhalteaufgabe* wichtige Bemessungsgrösse kann man sich vorstellen als vergleichbaren Sieblochdurchmesser, wenn man das Geotextil als Sieb auffasst. Der Begriff des wirksamen Porendurchmessers ist übrigens identisch mit den im Produktekatalog des Geotextil-Handbuchs definierten wirksamen Porenweiten.

Im Bahnbau gilt grundsätzlich der Anforderungsbereich II, d. h. dass die Filterstabilität zur unbedingten Verhinderung von Bodenausspülungen vorrangig zu bewerten ist.

Als feinkörnig definiert das Handbuch einen Boden, wenn der Anteil der Ton- und Siltfraktionen grösser als 40 Prozent ist. Für solche, im Bahnbau als Problemböden geltende Böden legte die Technische Kommission des SVG zwei Kriterien fest, die erfüllt sein müssen:

- Kriterium 1: $O_w \leqq 10\, d_{60}$,
- Kriterium 2: $O_w \leqq 2\, d_{85}$.

Diese Kriterien gelten für bindige Böden; im Fall reiner Silte wurden die Bedingungen auf etwa die Hälfte reduziert.

Beim häufig vorkommenden feinkörnigen und bindigen Boden liegt das Verhältnis d_{85}/d_{60} in der Regel etwa bei 5.

Damit werden beide Kriterien praktisch gleichwertig. Aus der Praxis ist bekannt, dass bei dem in der Schweiz häufig vorkommenden glazialen, tonigen Silt mit reichlich Sand vorab die Kornfraktionen des gröberen Siltbereichs gegen Aufsteigen ins Schotterbett abzusichern sind. Der Schwerpunkt der Korngrösse liegt damit zwischen 0,01 und 0,06 mm. Wenn jedoch O_w das 10fache von d_{60} erreichen darf, zeigt sich, dass diese Bedingung eher zu wenig einschränkend wirkt.

Diesem Wunsch des Verfassers und einer Kommissions-Minderheit stand entgegen, dass 1984 das Angebot an Geotextilien eine kleinere Porenöffnungsweite weitgehend nicht gewährleisten konnte und dass erfolgreiche Anwendungen mit handelsüblichen Produkten bekannt sind. Für bestimmte Böden hingegen bleibt der Wunsch nach Geotextilien mit feinerer Porenöffnungsweite bestehen.

Reisskraft	r	$\geqq$ 17 kN·m^{-1}	[1,2]
Stempeldurchdrückkraft	R_p	$\geqq$ 2500 N	[2]
Durchschlagwiderstand	O_d	$\leqq$ 17 mm	[3]

[1] Mindestwert aus Längs- und Querrichtung.
[2] Mittelwert *minus* Standardabweichung.
[3] Mittelwert *plus* Standardabweichung.

Tabelle 3. Mechanische Mindestfestigkeiten

Mechanische Anforderungen

Im Bahnbau bilden die Trenn- und Filterfunktionen die Hauptaufgaben der Geotextilien. Eine zusätzliche Verstärkungswirkung sollte in der Regel als Nebeneffekt betrachtet werden, für den die Reissfestigkeit des Geotextils herangezogen werden kann.

Die Mindestfestigkeit richtet sich hauptsächlich nach den massgebenden Beanspruchungen:

- Einbaubedingungen,
- Perforationsgefahr durch spitze Kornfraktionen,
- Deformationsverhalten des Bahnkörpers.

Auch hier steht kein eindeutiges Rechenmodell zur Verfügung. Die Mindestwerte mussten daher aufgrund von Erfahrungen festgelegt werden (vgl. Tabelle 3). Eine massvolle Erhöhung dieser Mindestwerte ist dem Bemessungsgefühl des projektierenden Ingenieurs anheimgestellt. Das Deformationskriterium richtet sich dabei nach den speziellen Untergrundverhältnissen, wobei Werte der minimalen Reissdehnung (Dehnbarkeit) zwischen 20 und 40 Prozent gefordert werden.

Die Festigkeits-Mindestwerte der Tabelle 3 gelten für die Anwendung von Geotextilien als Trenn- und Filterschicht unter der Fundationsschicht oder Planumsschutzschicht. Beim Verlegen direkt unter scharfkantigem Schotter werden entsprechend erhöhte Mindestwerte empfohlen.

Beständigkeit des Geotextils

Wieweit ein Geotextil gegen UV-Bestrahlung oder chemische Aggressivität beständig sein muss, hängt von der Situation ab. Im Bahnbau ist eine generelle Resistenz sicher sinnvoll. Die SBB haben den Reisskraft-Abfall unter UV-Einfluss auf maximal 25 Prozent beschränkt. Die Technische Kommission SVG geht hier weiter (max. 5 Prozent Reisskraftabfall), was sinnvoll ist, wenn das Geotextil in weiten Bereichen längere Zeit direktem Sonnenlicht ausgesetzt ist.

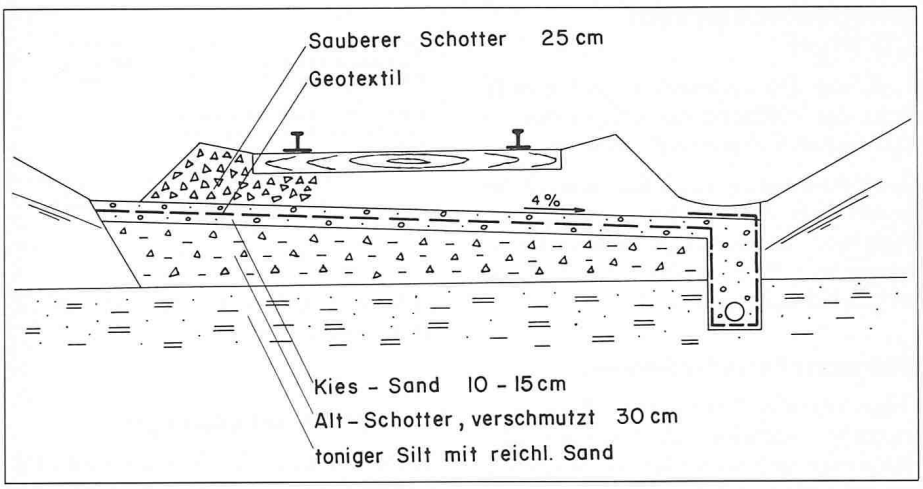


Bild 5. Anwendungsbeispiel: Sanierung eines bestehenden Gleises

Anwendungsbeispiel

Das in Bild 5 dargestellte Beispiel betrifft einen Gleiskörper in einem Einschnitt über feinkörnigem Untergrund bei hohem Grundwasserspiegel. Das Beispiel basiert auf den bei einer Versuchsstrecke der SBB festgestellten Randbedingungen und den dabei gewonnenen Erfahrungen.

Im dargestellten Beispiel ist zusätzlich der Einbau einer Entwässerungsanlage vorgesehen, ein Detail von wesentlicher Bedeutung. Die Kenndaten und die Entscheidungsschritte sind aus dem Bild 6 und der Tabelle 4 ersichtlich. An das Geotextil ergeben sich die folgenden Anforderungen:

Mechanische Eigenschaften

Die Mindestwerte genügen, da das Geotextil mit beidseitiger Schutzschicht verlegt wird. Verstärkungsaufgaben, z. B. infolge von Setzungsunterschieden, sind nicht zu erwarten, da bei dieser bestehenden Gleisstrecke die wesentlichen Konsolidationsvorgänge bereits abgeklungen sind.

Hydraulische Kriterien

Gemäss Handbuch ist die erforderliche Durchlässigkeit $k_n \geqq 10^{-5}$ m/sec.

Diese Bedingung ist aber der Forderung nach Filterstabilität unterzuordnen, weil der Untergrund feinkörnig ist.

Wirksamer Porendurchmesser

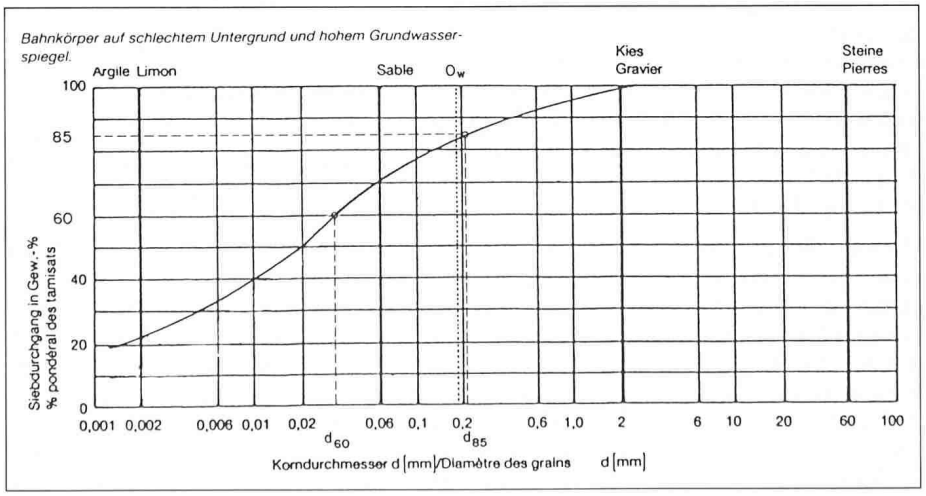
Die Berechnung anhand der Kriterien 1 und 2 ergibt als kritischen Wert $O_w \leqq 0{,}19$ mm.

Der Vergleich mit der Materialkurve (Bild 6) für den mittleren Siltbereich zeigt, dass der zulässige Porendurchmesser eher zu gross ist, indem sogar für Feinstsand ein Hochsteigen möglich scheint. Die Filteraufgabe muss in diesem Fall das Geotextil gemeinsam mit der (reduzierten) Kiessandschicht erfüllen.

Die massgebenden Eigenschaften für die Ausschreibung sind in der Tabelle 5 unten zusammengefasst. Gemäss Produktekatalog finden sich eine ganze Anzahl Produkte, die diesen Bedingungen genügen.

Die erwähnte Versuchsstrecke der SBB entspricht den Randbedingungen die-

Bild 6. Korngrössen-Verteilung



Anwendungsbeispiel 1

Sanierung eines best. Geleises

① Problem

Feinkörniger Untergrund, hoher Grundwasserspiegel

Beispiel: Gegeben:
Untergrund: Seeablagerung
USCS: *CL*
Korngrössenverteilung
Abbildung 5. *23*
M_E: 8 MN·m^{-2}

Tragfähigkeitsklasse S1

Drainageschicht 0,15 m
Kiessand I, Körnung 0–60 mm

② Geotextil wo?

siehe Abbildung 5

③ Aufgaben des Geotextils

Geotextil: Hauptaufgaben Trenner/Filtern

④ Massgebende Randbedingungen

massgebende Kenngrössen des Untergrundes
- Korngrössen: d_{85} = 0,24 mm d_{60} = 0,032 mm
- Durchlässigkeit: k = 10^{-7} m·s^{-1}
- Zusammendrückungsmodul M_{E_1} = 8 MN·m^{-2}, Tragfähigkeitsklasse S1

massgebende Kenngrössen für das Material der Drainageschicht:
- Korngrösse: $d_{85} \geqq 30$ mm

⑤ Massgebende Eigenschaften des Geotextils mit Grenzwerten

Massgebende Eigenschaften des Geotextils:
mechanische: nach Abschnitt 5.4.2.3

Reisskraft	r	≥	17 kN·m^{-1}
Stempeldurchdrückkraft	R_p	≥	2500 N
Durchschlagwiderstand (Lochdurchmesser)	O_d	≤	17 mm
Minimale Reissdehnung	$\varepsilon_{r_{min}}$	≥	40 %

Weist das gewählte Geotextil eine geringere Reissdehnung auf, dann ist die Reisskraft entsprechend zu erhöhen, gemäss Abschnitt 2.4.4.1.

hydraulische: nach Abschnitt 5.4.2.1
Durchlässigkeit: $k_n \geqq 100 \cdot k$ $k_n \geqq 10^{-5}$ m·s^{-1}

wirksamer Porendurchmesser, dynamische Filterbelastung
Kriterium 1: $O_w \leqq 6 \cdot d_{60}$ ≤ 0,19 mm
Kriterium 2: $O_w \leqq d_{85}$ ≤ 0,24 m

Bedingung: $O_w \leqq 0{,}19$ mm

Zur Gewährleistung der besseren hydraulischen Wirksamkeit und Sicherheit, Minimaldicke bei σ = 200 kN·m^{-2}: T_G = 1,0 mm.

Tabelle 4. Anwendungsbeispiel nach Bild 1, Dimensionierung

Tabelle 5. Anwendungsbeispiel nach Bild 1, Ausschreibungsdaten

Zusammenfassung der massgebenden Geotextileigenschaften (Ausschreibung)

Mechanische Eigenschaften	Reisskraft	r	≥ 17 kN·m^{-1}
	Stempeldurchdruckkraft	R_p	≥ 2500 N
	Durchschlagwiderstand	O_d	≤ 17 mm
	Reissdehnung	ε_r	≥ 40 %
	Mindestdicke σ = 200 kN m^{-2}	T_G	≥ 1 mm
Hydraulische Eigenschaften	Durchlässigkeit	k_n	≥ 10^{-5} m s^{-1}
	wirksamer Porendurchmesser	O_w	≤ 0,19 mm
Bestandigkeit	UV-Strahlen		≤ 5 %
Reisskraft-abfall	biologische Einflusse		≤ 5 %
	chemische Einflusse		vgl. Abs. 3.4

ses Beispiels; beim Einbau wurde jedoch auf die Entwässerung und auf die obere Filterschicht über dem Geotextil verzichtet. Die Ausgrabung nach einigen Betriebsjahren zeigte, dass Feinmaterial bis ungefähr zur Hälfte des Schotterbettes aufgestiegen war (Angaben von *G. Schmutz*, dipl. Ing., SBB-Generaldirektion, Bern). Das verwendete Geotextilmaterial wies eine wirksame Porenweite von $O_w \cong 0{,}11$ mm auf.

Aufgrund dieser Erfahrung wurde im hier gezeigten Rechenbeispiel eine zweite Lage von Kies-Sand angenommen, die als zusätzlicher Filter sowie auch als Perforationsschutz wirkt. Die weitere Entwicklung der Geotextil-Herstellung dürfte die Anwendungsmöglichkeiten im Bahnbau noch erweitern, vor allem wenn es gelingt, die hydraulischen Eigenschaften noch weiter zu verfeinern.

Der Verfasser dankt allen, die seine Idee eines Handbuches aufgegriffen und zur Verwirklichung beigetragen haben. Das Geotextil-Handbuch des SVG repräsentiert den Stand des heutigen Wissens und kann eine Hilfe im praktischen Alltag sein; es ist jedoch keine Norm, sondern eine erweiterbare Sammlung eines Wissens, das sich von Jahr zu Jahr weiterentwickelt.

Adresse des Verfassers: *J. F. Ammann*, dipl. Ing. ETH/SIA, Beratungsbüro für Geotechnik und Ingenieurgeologie, Kirchenstrasse 13, 6300 Zug.

Zusammenfassung des Referates über Bahnbau, mit Übungsbeispiel an der Geotextil-Tagung des SVG und des SIA vom 16.1.1986 in Zürich (vgl. H. 9/86, S. 153).

Literatur

(aus dem Geotextil-Handbuch, zum Kap. Bahnbau)

Achermann A., Gewebte Geotextilien - Herstellung und Einsatz. Vortrag z. 20. Int. Chemiefasertagung 1981, Dornbirn, Österreich [5.1].

Ammann J.F., Erfahrungen mit Geotextilien beim Bau von Bahngeleisen, Dämmen, Böschungen, Stützkörpern und in der Ingenieurbiologie. (Ergebnisse einer Umfrage des SVG.) Vortrag anlässlich der 2. Geotextiltagung vom 3. März 1983 in Zürich [5.2]

Anderson D.G., Friedli P., Behavior of Soil Samples containing Geotextiles during cyclic triaxial Loading. Ertec Western, Inc. Long Beach, USA, May 1982 [5.3].

Ayres D.J., The Use of Geotextiles in Railways, Int. Conference Geotextile Technology 84, 3.-4. April 1984, Imperial College London [5.4].

Flandorfer H., Wien, Ergebnisse der Überprüfungen des Versuches 1973-1980 betreffend Einbau von Vliesen im Streckenabschnitt Wiener Neustadt bis Loipersbach-Schattendorf (km 22.1-22.8) der OeBB [5.5].

Fluet J.E.Jr., Full Scale Railroad Geotextile Testing Procedures. Second Int. Conference on Geotextiles, 1.-6. August 1982, Las Vegas, USA [5.6].

Friedli P., Anderson D.G., Behavior of Woven Fabrics Under Simulated Railway Loading. Second Int. Conference on Geotextiles, 1.-6. August 1982, Las Vegas, USA [5.7].

Grabe W., Partenschky H.-W., Untersuchung der Langzeitbeständigkeit von Geotextilien im Eisenbahnbau. Bericht des Franzius-Institutes Universität Hannover, unveröffentlicht, Juni 1983 [5.8].

Koerner Robert M., Construction and Geotechnical Engineering Using Synthetic Fabrics. Wiley Series of Practical Construction Guides. A Wiley-Interscience-Publication 1980, New York [5.9].

McGown A., The properties and uses permeable fabric membranes. Res. Workshop on Materials and Methods for Low Cost Road, Rail and Reclamation Works. Leura, pp. 663-709 (1976) [5.10].

Martinek K., Erfahrungen mit der Anwendung von Geotextilien bei der Deutschen Bundesbahn. 1. Nationales Symposium «Geotextilien im Erd- und Grundbau» M. 8./29. März 1984, Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen, Köln 1984 [5.11].

Newby J.E., Southern Pacific Transportation Co. Utilization of Geotextiles in Railroad Subgrade. Second Int. Conference on Geotextiles, 1.-6. August 1982, Las Vegas, USA [5.12].

Rankilor P.R., Membranes in Ground Engineering. A Wiley-Interscience-Publication 1981, New York [5.13].

Raymond G., Geotextiles for Railroad Bed Rehabilitation. Second Int. Conference on Geotextiles, 1.-6. August 1982, Las Vegas, USA [5.14].

Sauvage Roland M., Maintenance des couches d'assise des voies ferrées. La voie/Informations techniques No 20, Dezember 1980 [5.15].

Saxena S.K., Wang S., Model Test of a Rail-Ballast-Fabric-Soil-System. Second Int. Conference on Geotextiles, 1.-6. August 1982, Las Vegas, USA [5.16].

Saxena S.K., Chiu D., Evaluation of Fabric Performance in a Rail-Road-System. Second Int. Conference on Geotextiles, 1.-6. August 1982, Las Vegas, USA [5.17].

Schmutz G., Verwendung von Geotextilien im Eisenbahnbau. Kunststoffe im Bau/«Schweizer Baublatt» Nr. 43 vom 1. Juni 1982 [5.18].

Union Internationale des Chemins de fer, Adaptation optimale de la voie classique au trafic de l'avenir (Filtration et drainage, Utilisation des géotextiles), Utrecht, April 1983 (internationales Expertenkomitee) [5.19].

Rhône-Poulenc-Textile, Einsatz von Vliesstoffen im Bauingenieurwesen. Informationsschrift bidim [5.20].

VSS-Kommission 3, Ober- und Unterbau, Technische Kommission des SVG, Prüfvorschriften zur Eignungsprüfung der Geotextilien. Strasse + Verkehr, November 1983 [5.21]. Modes opératoires des essais de qualification des géotextiles Commission VSS 3, Super- et infrastructure et commission technique de l'Association suisse des professionnels de géotextiles, Routes et Trafic, décembre 1984 [5.21].

Fayoux D.,Filtration hydrodynamique des sols par des textiles, Colloque International sur l'emploi des textiles en géotechnique, Paris 1977 [5.22].

Fayoux D., Cazzuffi D., Faure Y., La détermination des caractéristiques de filtration des géotextiles: Comparaison des résultats de différents laboratoires. Comptes-rendus de la Conférence Internationale sur les matériaux pour les barrages '84, Monte-Carlo, décembre 1984 [5.23].

Das Geotextilhandbuch –

Kurzbeschrieb zum Gebrauch und Inhalt

Geotextilien bilden eine der wichtigsten Entdeckungen im Bauwesen der letzten Jahre und führten zu einer rasanten technologischen Entwicklung der Baustoffe selber, aber auch der Planung, dank der Schaffung brauchbarer Bemessungstheorien, was den eigentlichen Durchbruch brachte gegenüber der schon in Urzeiten bekannten Verwendung und Vermischung von Stroh im Erdbau.

Erstmalig bietet das Handbuch ein zusammenhängendes Wissen über den Aufbau und die Eigenschaften von Geotextilien als eigentliche Basisgrundlage, während im Hauptteil des Handbuches die eigentlichen Anwendungskapitel mit Theorie, Diagrammen und Beispielen praxisgerecht behandelt werden zur richtigen Dimensionierung und Auswahl der geeigneten Geotextilien und der in der Kombination verwendeten Erdmaterialien.

Diese Anwendungskapitel betreffen den Strassenbau, den Bahnbau, Bahnbauten auf weichem Untergrund und Geotextil-verstärkte Stützmauerkonstruktionen sowie schliesslich Entwässerungen (Drainage) und Wasserbau. Ergänzungskapitel, die im Herbst 1986 nachgeliefert werden, betreffen die erwähnten Dammbau und Stützkonstruktionen sowie die Anwendung von Geotextilien im Tunnelbau und in der Ingenieurbiologie.