

LAIER H. und BRÄU, G., Technische Universität München, BRD

EINSATZ VON GEOTEXTILIEN IM VERKEHRSWEGEBAU BEI INTENSIVER DYNAMISCHER BEANSPRUCHUNG

THE USE OF GEOTEXTILES IN ROAD CONSTRUCTIONS UNDER INTENSIVE DYNAMIC LOADING

EMPLOI DE GEOTEXTILE EN CONSTRUCTION DE VOIE A LA CHARGE DYNAMIQUE DE GRANDE INTENSITE

Geotextilien werden im Verkehrswegebau unter anderem als Trenn- und Filterlage zwischen Tragschichten und weichem Untergrund eingesetzt. Im Rahmen eines Forschungsprogrammes wird das Verhalten verschiedener Geotextilien (Vliese, Gewebe, Verbundstoffe) bei nicht oder nur schwach befestigten, in der Höhe begrenzten Oberbauten unter intensiver dynamischer Beanspruchung (z.B. Baustraßen) untersucht. Die Untersuchungen erfolgen großmaßstäblich (M=1:1) sowohl im praktischen Baustellenverkehr, als auch in einem eigens konstruierten Versuchsstand.

Aus den bisherigen Untersuchungen ergeben sich wesentliche Unterschiede im Verhalten der Geotextiltypen und -fabrikate. Die Filter- und Trennwirkung bei dynamischer Belastung kann nicht nach schematischen Regeln beurteilt werden, sondern hängt vom Geotextiltyp, der Beschaffenheit des Untergrundes und der Konstruktion des Oberbaues (insbesondere der Dicke) ab.

1. Einleitung

Seit geraumer Zeit werden Geotextilien im Verkehrswegebau mit großem Erfolg eingesetzt. Das Spektrum der praktischen Anwendung reicht von Verkehrswegen begrenzter Lebensdauer bzw. einfacher und billiger Herstellungsweise, wie z.B. Baustraßen, über hochwertige Straßen mit gebundenem Oberbau (Beton, Asphalt) bis hin zum hochbeanspruchten Schienenweg auf Schotterbett mit besonderen Anforderungen an die Erhaltung der Gleislage. In diesem Zusammenhang ist die Wirkungsweise von Vliesen, Geweben und Verbundstoffen als Trenn- und Filterlage zwischen Tragschichten und weichem Untergrund bei hohen Verkehrsbeanspruchungen und begrenzten Oberbaustärken von besonderem Interesse und steht im Mittelpunkt dieser Arbeit. Die bewehrende Wirkung wird im Rahmen der komplexen Vorgänge als Phänomen mit beobachtet, bleibt jedoch quantitativ einer gleichzeitig am Lehrstuhl und Prüfam für Grundbau, Bodenmechanik und Felsmechanik der Technischen Universität München laufenden Grundlagenuntersuchung über das bewehrte Zweischichtensystem zugeordnet.

Die Fragestellung läßt sich mit bislang bekannten Verfahren zur Filterbemessung, die für statische Belastungen bzw. "dynamische" Beanspruchungen im Wasserbau ausgelegt sind, nicht beantworten. Aus diesem Grunde werden in einem eigenem Forschungsprogramm die Wirkungsweisen verschiedener Geotextilien bei unterschiedlichen Oberbauweisen und Untergrundverhältnissen untersucht. Es wird nicht der Weg über kleinmaßstäbliche Laborversuche beschritten, sondern die Lösung in wirklichkeitsnahen, großmaßstäblichen Versuchen (M=1:1) gesucht. Die Arbeit beschränkt sich bis jetzt auf die Untersuchung unbefestigter Straßen und Fahrwege (Baustraßen, ungebundene Frost- und Tragschichten). Durch die intensive dynamische Beanspruchung, wie sie allgemein bei der Herstellung von Verkehrsflächen, besonders auch während der Einbauphase, in Form von Walkarbeit und "Pumpwirkung" auftritt, ist vor allem bei minimierten Oberbau-

Geotextiles are used in road constructions as separation and filter layers between base courses and soft ground. A research program inquires the properties of different geotextiles at unpaved or only weakly fixed surfaces with limited thickness by intensive dynamic loading (e. g. builders' road). The researches are done in fullscale (1:1), both in construction traffic and with a special constructed test machine.

The results of the inquiries up to now reveal very different properties of the types and brands of geotextiles. The dividing and filter effect by dynamic loading cannot be judged by systematic rules, but depends on the type of the geotextile, the condition of the subsoil and the construction of the surface.

stärken z.T. ein Versagen bestimmter Geotextiltypen als Trennlage zu erwarten.

Für die Durchführung der Aufgabe bot sich eine Großbaustelle an, bei der ca. 7 Mio. m³ Bodenmaterial auf Baustraßen bewegt werden. Das Prüfamt überwacht den Bodenaustausch und verfügt über ein vollständig ausgerüstetes Erdbaulabor auf der Baustelle. Die zur Verfügung stehenden Bodenarten (Schluff, Kies, etc.) und die baubetrieblichen Gegebenheiten (z.B. großer Fuhrpark mit unterschiedlichen Belastungsfahrzeugen) bieten gute Voraussetzungen für gezielte Parameterstudien auf Versuchsstrecken. An den im Betrieb befindlichen Baustraßen können die Randbedingungen und Auswirkungen unter echtem Fahrbetrieb studiert und mit den Vorgaben bzw. Ergebnissen auf den Versuchsfeldern verglichen werden.

2. Vorgehensweise

Bei der Durchführung der Forschungsarbeit wurden parallel laufend zwei Versuchsserien durchgeführt:

- Freifeldversuche unter Baustellenbedingungen
- Freifeldversuche unter einer Überdachung mit eigens konstruierter fahrbarer Belastungseinrichtung.

Bei den Freifeldversuchen werden Abschnitte von Baustraßen mit verschiedenen Geotextilien bestückt und laufend kontrolliert. Verschiedene Strecken sind mit Geräten zur Schwingungs- und Erddruckmessung ausgerüstet. Nachdem unter fast allen Baustraßen Geotextilien eingelegt waren, können die bestehenden Fahrwege insgesamt begutachtet und an interessanten Stellen geöffnet werden. Bei allen Untersuchungen ist zunächst die Erfassung äußerer Einflüsse, wie z.B. Witterung, Belastung, Anzahl der Überfahrten, von Bedeutung. Bei den in Betrieb befindlichen Baustraßen kann man verschiedene dieser Parameter nur qualitativ erfassen.

Aus diesem Grund wurde eine Belastungseinrichtung konstruiert, die den Baustellenverkehr simuliert. Mit Hilfe

dieser Maschine, die unter einer Überdachung installiert wurde, konnten Versuche gefahren werden, bei denen die Randbedingungen gut kontrolliert werden konnten. Die Homogenisierung der einzubauenden Materialien konnte mit großer Sorgfalt betrieben werden. Ebenso sind die Anzahl der Überfahrten, die Lage der Fahrspuren und die auftretenden Lasten genau bekannt.

Bei den bislang durchgeführten Versuchen wurden folgende Einflußgrößen variiert:

- Oberbaumaterial
- Dicke und Verdichtung des Oberbaues
- Geotextil
- Beschaffenheit des Untergrundes

3. Belastungseinrichtungen

Auf der Baustelle waren als Transportfahrzeuge Muldenkipper (Gesamtlast beladen: 60 t, leer: 30 t, Radlasten: 3 - 10 t), Dumper (Gesamtlast beladen: 50 t, leer: 25 t, Radlasten: 2 - 9 t) sowie verschiedene Sattelzüge und LKW's eingesetzt, die somit bei den Freifeldversuchstrecken als Belastungsgeräte dienten und für große Walkarbeit und zyklische Belastungen des Systems Oberbau/Geotextil/Untergrund sorgten. Beim Einbau des Oberbaues auf den Baustraßen kamen Plattenrüttler und 10-t-Walzenzüge zum Einsatz, die den Straßenkörper vibrierend beanspruchten.

Die Belastungseinrichtung der überdachten Versuchsstrecke besteht aus einer Führungs- und Zugkonstruktion mit kontinuierlicher Höhenanpassung, an der ein Ballastkörper mit darunter befindlichem Fahrwerk im Dauerbetrieb hin- und herbewegt werden kann. Als Fahrwerk dienen Zwillingsschienen (d = 95 cm, b = 2 x 15 cm, Betriebsdruck: 6 - 9 bar), deren Achse auf Blattfedern gelagert ist. Es sind auch Einzelradkonstruktionen und unterschiedliche Reifengrößen verwendet worden. Es können Belastungen bis zu 8 t aufgebracht werden, die bisherigen Versuche wurden meist mit 3 t gefahren.

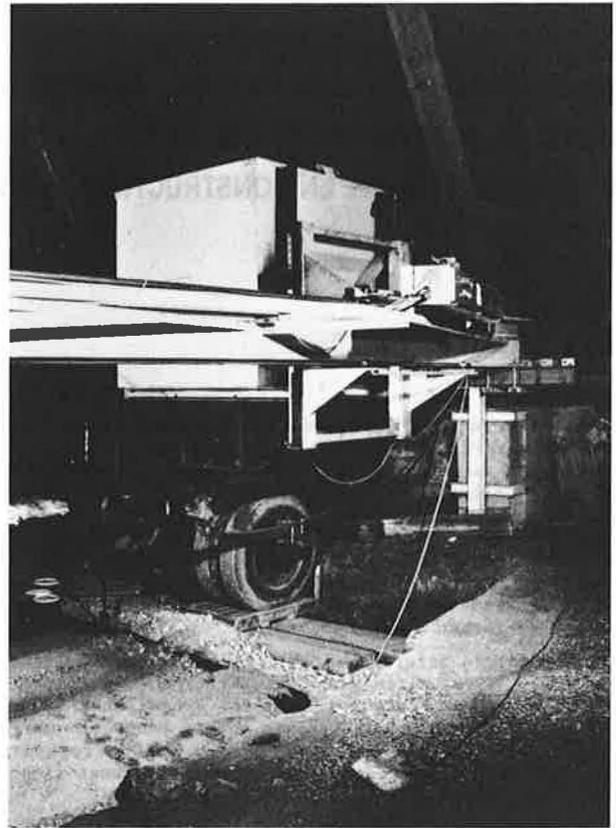


Bild 1: Belastungsmaschine; Blick auf die vertikale und horizontale Führung

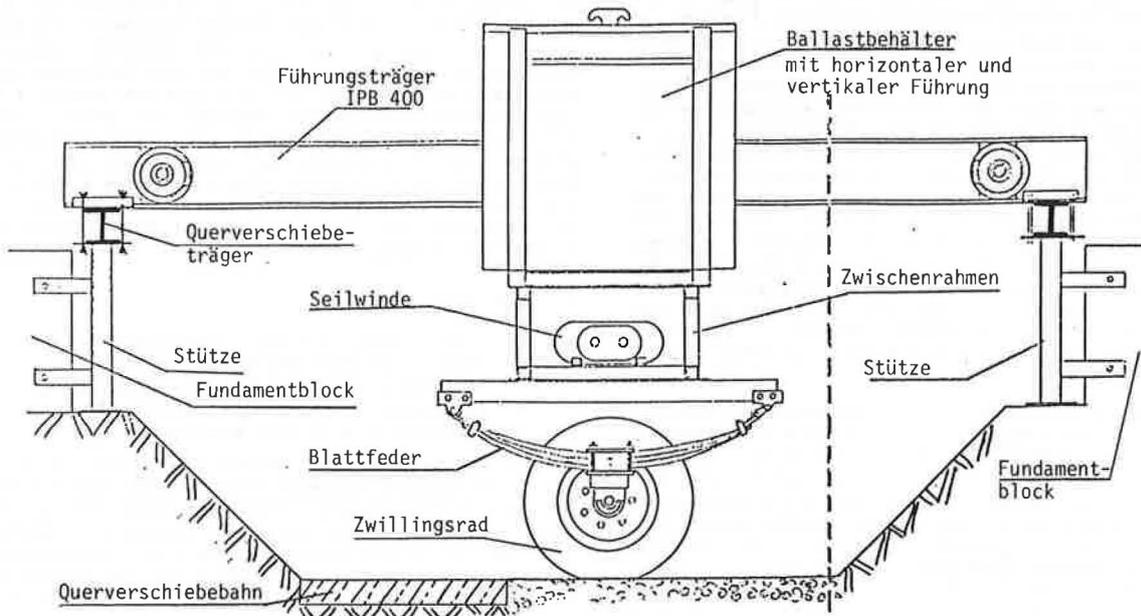


Bild 2: Skizze der Belastungseinrichtung

4. Beschreibung des Versuchsfeldes in der Halle und der verwendeten natürlichen Materialien

Als Versuchsfeld dient ein 8 x 8 m² großer Bereich in einer Halle. Der dort anstehende Boden wurde bis zu einer Tiefe von 2 m ausgehoben und durch den Versuchsboden ersetzt. Hierbei handelt es sich um einen tonigen Schluff (geologische Bezeichnung: "Löß") der Gruppe TL nach DIN 18196 mit folgenden bodenmechanischen Kenngrößen:

- Fließgrenze: $w_l = 30 \%$
- Ausrollgrenze: $w_p = 20 \%$
- Plastizitätszahl: $I_p = 10$
- Proctordichte: $S_{pr} = 1.9 \text{ t/m}^3$ bei $w_{pr} = 13.5 \%$
- Korndichte: $S_s = 2.73 \text{ t/m}^3$

Der Einbauwassergehalt sowie die Dichte werden variiert.

Als Oberbaumaterialien wurde rundkörniges und gebrochenes Material verwendet und mit verschiedenen Dicken eingebaut.

Bei dem rundkörnigen Material handelt es sich um sandige Kiese (GW) aus alten Flußablagerungen, die praktisch kohäsionslos sind.

Als gebrochenes Material wurde ein Dolomitschotter der Körnung 0 - 45 mm (Mineralbeton) verwendet.

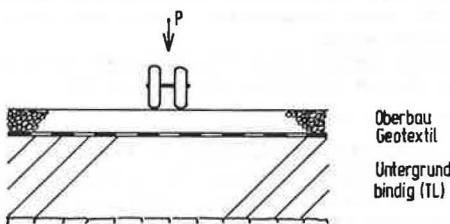


Bild 3: Schematischer Versuchsaufbau

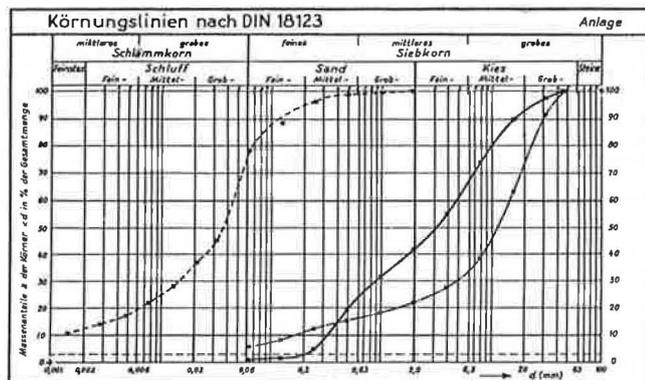


Bild 4: Körnungslinien der verwendeten natürlichen Materialien (von links nach rechts: Löß, Dolomit, Kies)

5. Verwendete Geotextilien

Für die Untersuchungen wurden Geotextilien verschiedener Hersteller in großer Typenvielfalt eingesetzt. Es wurde versucht, sowohl den unterschiedlichen Faserrohstoffen, als auch den diversen Herstellungsverfahren bei der Auswahl der Materialien gerecht zu werden.

Bei vernadelten Vliesstoffen wurden Gewichtsklassen von 140 - 600 g/m² der Faserrohstoffe PP und PES, bei thermisch verfestigten Vliesstoffen 100 - 280 g/m² aus PP und PE verwendet. Gewebe aus PP-Bändchen und Spleißgarnen mit Flächengewichten von 95 - 335 g/m² wurden untersucht. Ferner kamen Verbundstoffe aus Kombinationen von Geweben/Gittern und Vliesstoffen zum Einsatz.

Bild 5: Zusammenstellung der Versuchsserien

Untergrund, Konsistenz	Kies		Dolomit				Oberbau	
	40	80	20	30	40	50		
Löß	breiig	-	1	-	1	-	1	Dicke in cm ohne Geotextil Nadelvliese therm. Vliese Gewebe Verbundstoffe
		-	4	-	3	-	5	
		-	1	-	3	-	2	
		-	2	-	2	-	4	
		-	-	-	-	-	2	
	steif	1	-	2	-	1	-	
		2	-	3	-	1	-	
		-	-	3	-	1	1	
		-	-	3	-	1	2	
		-	-	1	-	-	-	

6. Versuchsablauf

Der für den jeweiligen Versuch gewünschte Einbauzustand des Untergrundes (Konsistenzen von breiig bis steif) wird vor der Belastung durch Dichte- und Wassergehaltsmessungen, sowie durch Messungen mit einer Flügelsonde auf Gleichmäßigkeit kontrolliert. Ferner werden die üblichen Feldversuche (Lastplattenversuche, Sondierungen und CBR-Versuche) durchgeführt.

Die Schüttdicke des Oberbaues wird in Abstimmung mit den verwendeten Geotextilien und der Konsistenz des Untergrundes festgelegt, der Einbauzustand wird mit einer Isotopen-sonde und Plattendruckversuchen überprüft.

Die Einbauhöhe, sowie die jeweiligen Veränderungen werden bei jenen Versuchen durch Nivellements festgestellt, bei denen sich Deformationsmesser und Setzungspegel wegen zu großer Verformungen nicht eignen. Es werden in jedem Feld Querschnitte festgelegt, in denen, bezogen auf den Einbauzustand, die Veränderungen an den Geotextilien und an der Oberfläche des Untergrundes festgestellt bzw. gemessen werden können. Dies gilt für die Ausbauphase nach Abschluß des Versuches ebenso wie für die Zwischenaufgrabungen in Fahrpausen. Letztere müssen allerdings wegen der unvermeidlichen Störungen für den weiteren Versuchsablauf auf einzelne sporadische Eingriffe begrenzt bleiben.

Während der Fahrten wird die erforderliche Zugkraft des Wagens (Rollwiderstand) mit einer Meßdose festgestellt. Auftretende Bodendrücke werden soweit möglich mit Erd-druckdosen an verschiedenen Höhen im Versuchsaufbau gemessen.

Geometrische Veränderungen der Spurrillenausbildung werden zusätzlich zu den Nivellements mit dem Benkelmannbalken verfolgt (siehe Bild 6).

Die plastischen Verformungen werden nach dem Aufgraben durch Ausmessen eines vor dem Versuch auf dem Geotextil aufgezeichneten 10-cm-Rasters dokumentiert.

Eine kontinuierliche Beobachtung des Verlaufes der elastischen und plastischen Verformungen der Geotextilien ist bisher mit Hilfe von Dehnmeßeinrichtungen nur dann gelungen, wenn es sich um ein dehnsteifes Produkt handelte bzw. die Verformungen im möglichen Meßbereich blieben. Derartige Versuchsanordnungen werden im bevorstehenden Programmabschnitt des Forschungsvorhabens in verstärktem Maße eingesetzt.

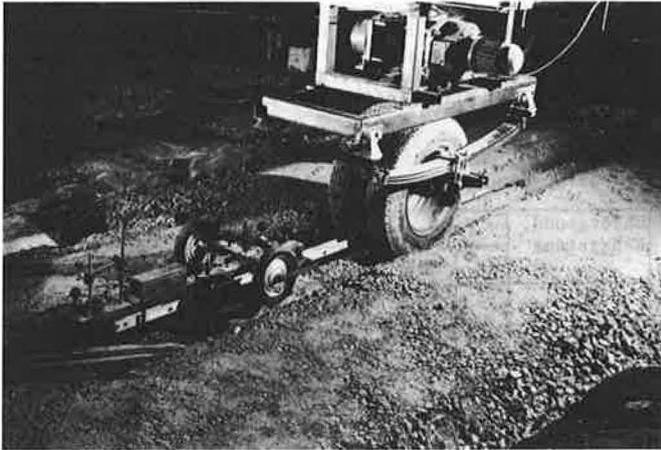


Bild 6: Beobachtung der Einsenkung (elastisch und plastisch) mittels Benkelmannbalken

Die Anzahl der möglichen Überfahrten richtet sich nach dem Versuchsablauf, den auftretenden Verformungen und dem Zustand der Geotextilien.

Nach dem Versuch werden aus dem Oberbau direkt über dem Geotextil Proben entnommen und labormäßig untersucht. Außerdem werden Plattendruckversuche auf der Tragschicht vorgenommen, was jedoch nur bei geringen Spurrillentiefen möglich ist.

Nach Versuchsende wird an den freigelegten Geotextilien zwischen belasteten und unbelasteten Bereichen unterschieden. Repräsentative Proben werden im Labor auf Veränderungen der wirksamen Öffnungsweite, der Durchlässigkeit, der Aufnahme von Bodenmaterial, des Zugdehnungsverhaltens bzw. der auftretenden Zerstörungen untersucht. Mikroskopische Aufnahmen begleiten die Versuche.

Der Untergrund wird bezüglich Wassergehalts- und Dichteänderungen untersucht. Ferner werden Flügelsonden-, Penetrometer-, Lastplatten- und CBR-Versuche durchgeführt. Im Labor werden die Korngrößenverteilungen am Oberbaumaterial nach den Fahrversuchen ermittelt. Anreicherungen von Feinanteilen direkt über dem Geotextil und Wassergehaltsbestimmungen des Oberbaumaterials sollen Veränderungen im Spurbereich aufzeigen. Die Wassergehalte im Untergrund werden durch Probenahmen unter dem Geotextil bestimmt.

7. Bisher gewonnene Erkenntnisse

Im folgenden kann gemäß dem derzeitigen Zwischenstand des laufenden Forschungsprogrammes schwerpunktmäßig nur über einige Untersuchungsergebnisse aus dem überdachten Versuchsfeld berichtet werden. Die Aussagen beziehen sich bezüglich des Oberbaues nur auf den Mineralbeton 0-45 aus gebrochenem Dolomitmaterial, da dies in der Mehrzahl zum Einsatz kam.

Die Versuche können in folgende Gruppen unterteilt werden:

- a) steifer Untergrund, 20 cm Oberbau
 - b) steifer Untergrund, 40 cm Oberbau
 - c) breiger Untergrund, 30 cm Oberbau
 - d) breiger Untergrund, 50 cm Oberbau
- (jeweils Variation der Geotextilien unter Einschaltung einer "Null"-Strecke)

zu a) steifer Untergrund, 20 cm Oberbau

Die durchgeführten Versuche können als Bezug zum Einbaustand verstanden werden. Es sollten auch die Grenzen der Minimierung der Oberbaustärke gesucht werden.

Beobachtung während der Fahrt:

In der Spur ist eine große elastische vertikale Verformung festzustellen, die z.T. erst ca. 1.5 m hinter dem Rad abklingt. Eine quantitative Auswertung erfolgt mittels Videotechnik.

Mechanische Beanspruchung:

Als entscheidend für die Wirkungsweise eines Geotextils ist die Widerstandsfähigkeit gegen mechanische Beanspruchung anzusehen. Manche Geotextilien hielten nur sehr wenigen Überfahrten stand, bevor sie z.T. auf gesamte Länge gerissen sind. Im besonderen waren dies leichte thermisch und mechanisch verfestigte Vliese und ein leichter Verbundstoff, mit nahezu unwirksamer Zugeinlage. In solchen Fällen kann das Geotextil natürlich keine Trennfunktion mehr wahrnehmen. Es erfolgt eine starke Durchmischung von Untergrund und Oberbau - der Fahrweg wird bereits nach wenigen Übergängen unbrauchbar.

Bei manchen Geotextilien waren nach dem Ausbau vereinzelt Löcher in der Fahrspur zu erkennen. Insbesondere war dies bei mittleren thermisch verfestigten Vliesen und bei leichteren Geweben festzustellen. Bei den Geweben war auffallend, daß sich die Löcher teils nur durch ein Verschieben der Fäden ausbildeten, teils aber auch Kette und Schuß gerissen waren.

Bei thermisch verfestigten Vliesen zeigte sich ein starker Abrieb der oberen Schichten des Geotextils.

Verformungen des Untergrundes:

Es zeigt sich, daß bei geringen Dicken des aus kantigem Material bestehenden Oberbaues sich schon bei einer geringen Anzahl von Überfahrten mehr oder weniger tiefe Spurrillen ausbilden (siehe Bild 7). Diese Spurrillen entstehen vor allem durch Deformationen des Untergrundes (= Eintiefung in der Spur und Aufwerfen eines Wulstes auf beiden Seiten). Die Tiefe der Spurrinne im Untergrund und die Steilheit der Flanken hängen vom verwendeten Geotextil ab. Zum Beispiel zeigt sich bei Geweben eine deutlich flachere Neigung der Flanken als bei Vliesen. Speziell leichtere Nadelvliese und thermisch verfestigte Vliese bringen vor einer Kraftaufnahme große Wege und liefern somit tiefe Rillen und steile Flanken. Bild 8 und 9 verdeutlichen den Verlauf von Spurrillen im Oberbau (Zwillingsreifen) und die Ausbildung der Spurrinne im Untergrund bei eingelegtem schwererem Nadelvlies (siehe auch Bild 10).

Verformungen der Geotextilien:

Als plastische Verformungen wurden z.B. nach 200 Fahrten bei schwereren Nadelvliesen 10 - 15 %, bei einem Produkt bis 40 % festgestellt.

Die Einsenkungen des Untergrundes in der Mitte der Spurrinne sind größenordnungsmäßig den aufgetretenen Spurrillentiefen äquivalent. Die Geotextilien zeigten nach der Freilegung - soweit sie nicht zerstört waren - vielfach elastische Rückfederungen und damit Hohllagen gegenüber dem Untergrund.

Trennwirkung:

Bei den eingebauten mittleren Geweben war eine deutliche Feinteilwanderung durch das Geotextil nach oben festzustellen. Dies war besonders auffallend in den Überlappungsbereichen von verschiedenartigen Geotextilien, bei denen sich das durchgetretene Feinmaterial an der Unterseite des darüberliegenden Vlieses angesammelt hatte. In Geweben waren nur relativ geringe Einlagerungen zwischen Kett- und Schußfäden möglich.

Bei einigen Vliesstoffen mit besonders homogener Struktur und meist größerer Dicke war im unteren Teil ein Horizont



Bild 7: Ausbildung der Spurrille längs der Fahrspur, Oberfläche Dolomit

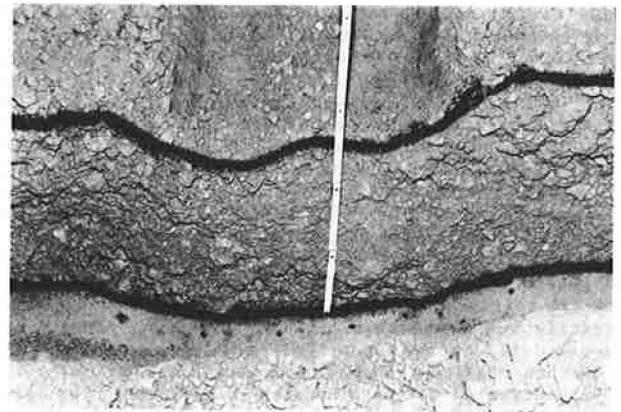


Bild 9: Spurrille im Oberbau (Zwillingsreifen, Oberbau: Dolomit), Ausbildung der Spurrinne auf LÖß bei Verwendung eines mechanisch verfestigten Vlieses

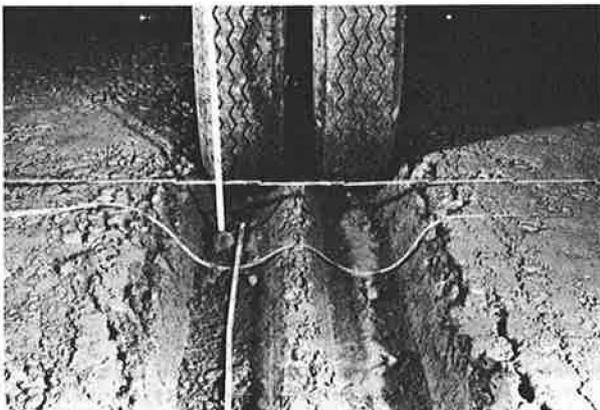


Bild 8: Beispiel einer Spurrille im Oberbau bei Verwendung eines mechanisch verfestigten Vlieses

(ca. 1-2 mm) mit eingelagertem Feinmaterial zu erkennen. Darüber waren die Geotextilien in der Regel sauber. Diese Geotextilien zeigen deutliche Sperrwirkung und im Grenzbe- reich zum Untergrund Filterkuchenbildung. Bei dünnen Vliesen war ein relativ starker Feinteiltrans- port z.T. auch bei Einbau von 3 Lagen festzustellen. Zwischen den Lagen war keine Materialansammlung zu beob- achten, der Aufbau eines Filters ist hier nur im Gesamtsy- stem Untergrund - Geotextil - Oberbau möglich.

zu b) steifer Untergrund, 40 cm Oberbau

Bei steifem Untergrund und 40 cm Oberbau konnten selbst nach 300 Überfahrten keine entscheidenden Verformungen auf den mit verschiedenen Geotextilien bestückten Teilstrek- ken festgestellt werden. Es war kein Unterschied zwischen Geweben, Vliesen und einem Abschnitt ohne Geotextil (sog. "Nullstrecke") zu erkennen.

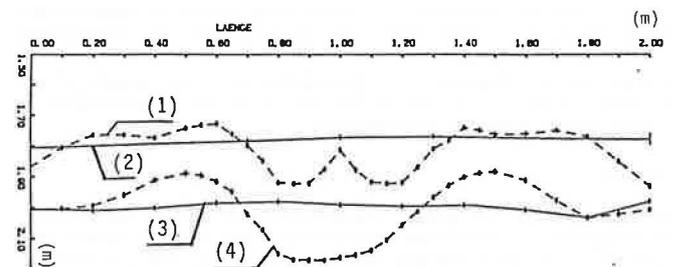


Bild 10: Beispiel einer Querschnittsaufnahme (verwendetes Geotextil: Nadelvlies)
(1) OK Dolomit nach Versuch
(2) OK Dolomit vor Versuch
(3) OK Löß vor Versuch
(4) OK Löß nach Versuch

zu c) breiiger Untergrund, 30 cm Oberbau

Der Schichtaufbau mit 30 cm Mineralbeton und breiigem Untergrund war auch mit schweren Geotextilien nicht trag- fähig. Schon nach 3-4 Überfahrten stellte sich eine bis zu 20 cm tiefe Spurrille ein, die ständig tiefer wurde. Der Versuch mußte abgebrochen werden.

zu d) breiiger Untergrund, 50 cm Oberbau

Der Aufbau mit 50 cm Einbaudicke des Mineralbetons hielt der aufgetragenen Beanspruchung stand. Nach 1000 Überfahr- ten hat sich eine Spurrille ausgebildet, in der sich freies Wasser über dem Geotextil angesammelt hatte, wel- ches beim Konsolidierungsprozess in der Spur aus dem Löß ausgepreßt wurde. Die bislang getesteten Geotextilien (schwerere Nadelvliese und Gewebe) hielten der Beanspru- chung ohne Beschädigung stand - keine erkennbare Perfora- tion.

Bei einem schwereren thermisch verfestigten Vlies waren deutliche Steinabdrücke und vereinzelt ausgedünnte bis gerissene Stellen zu erkennen. Die Oberfläche war teils abgerieben.

8. Erkenntnisstand

Endgültige qualitative Aussagen sind derzeit wegen der noch in entscheidenden Phasen laufenden Forschungsarbeiten, deren Fortgang durch die z. T. überraschenden Erkenntnisse bezüglich der mitunter mangelhaften Widerstandsfähigkeit von Geotextilien gegen intensive mechanische Beanspruchungen verzögert wurde, nicht möglich. Es zeichnen sich jedoch deutliche Trends ab, die erwarten lassen, daß man Bemessungsansätze für den gezielten Einsatz von Geotextilien sowie für die Optimierung von Verkehrswegebauten je nach Anforderung finden wird. Das Spektrum der Einsatzmöglichkeiten von Geotextilien erweist sich je nach Oberbauart, Beanspruchung und Untergrundverhältnissen als außerordentlich breit gestreut und kann nur durch differenzierte Parameterstudien geordnet werden. Die jeweiligen Ausgangsbedingungen und Anforderungskriterien müssen genau erfaßt werden, wobei es vor allem darum geht, die zeitlichen Entwicklungen und Beanspruchungen des Geotextils vom Einbau bis zur Dauerbelastung einschließlich der dabei entstehenden Veränderungen in Untergrund und Oberbau möglichst lückenlos zu beschreiben. Bei Verkehrswegen mit ungebundenen Tragschichten ist deren Zusammensetzung vor allem bezüglich der Korngrößenverteilung, Kornform und kohäsiven Bindung von besonderer Bedeutung für die Funktion des Geotextils. Die großmaßstäblichen Untersuchungen sollen deshalb in weiteren Abschnitten auch auf schwach gebundene Tragschichten erweitert werden, um einer Optimierung der Bemessung des Gesamtsystems unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten Rechnung zu tragen. Die Aufstellung von neuen Kategorien bezüglich der Anforderungen an Verkehrswege auf schlechtem Untergrund ist deshalb erforderlich. Bezüglich der Eignung von Geotextiltypen bei ungebundenen Tragschichten ist aufgrund der vorliegenden Untersuchungsergebnisse folgendes anzumerken:

8.1 Nadelvliese

Je nach Herstellungsart erweisen sich diese Stoffe als grundsätzlich geeignet. Sie führen jedoch bei besonders weichem Untergrund wegen ihrer hohen Dehnbarkeit zu erheblichen Einsenkungen mit der Folge von Nachbesserungsarbeiten. In einzelnen Fällen kann die zu strenge Ausrichtung auf filtertechnische Sperrbedingungen zu Filterkuchenbildung (z. B. auch bei Vibrationsverdichtung im Oberbau) unter der Geotextillage führen, was eine verminderte Scherkräfteübertragung zur Folge hat. Die Verletzbarkeit ist bei kantigem Oberbaumaterial solange unbedenklich, wie sich dessen Korngerüst kinematisch stabilisieren kann. Ist dies nicht der Fall, so ergeben sich an den durchlöcherten bzw. überdehnten Stellen auch auf Dauer gesehene Durchtrittsmöglichkeiten für das Feinmaterial aus dem Untergrund infolge ständiger aufweitender Grobkornbewegung. Die Filter- und Trennwirkung ist nicht von vornherein gesichert. Je nach Herstellungsweise der Nadelvliese ergeben sich unterschiedliche Effekte. Herstellungsweise, Struktur und Rohstoff der Nadelvliese sind von Einfluß auf die Wahl der Dicke des Geotextils insbesondere bei intensiver dynamischer Beanspruchung.

8.2 Thermisch verfestigte Vliese

Es gilt bezüglich der allgemeinen Anwendungen für thermisch verfestigte Vliese ähnliches wie sinngemäß unter Pkt. 8.1 angeführt. Vergleichsweise besitzen die thermisch gebundenen Vliese jedoch eine größere Dehnsteifigkeit, was sich günstig auswirkt, solange nicht durch zu große Deformationen die Bruchgrenze erreicht wird. Dies ist allerdings bei sehr schlechtem Untergrund und zu geringer Oberbaudicke rasch der Fall. Außerdem sind die relativ schwachen und spröden Bindungspunkte der Fäden anfällig gegenüber intensiver Reibbeanspruchung, wie sie bei ungebundenen Tragschichten zu geringer Dicke auftritt. Dem kann

durch Wahl einer dickeren Qualität entgegengewirkt werden, was sich auch filtertechnisch als vorteilhaft erweist.

8.3 Gewebe

Bisher wurden nur relativ preiswerte Bändchen- und Spleißgarnewebe aus dem Marktangebot untersucht. Gewebe zeigen deutlich den Vorteil einer hohen Zugkraftaufnahme bei geringen Dehnungen und beeinflussen deshalb von vornherein das Zusammenspiel im Gesamtsystem günstig. Bei den Geweben sollte man sich allerdings in Anbetracht der sehr unterschiedlichen Produkte vor einer Verallgemeinerung des Gesamtbegriffes im Geotextilsektor hüten. Leicht verschiebliche Gewebe neigen dazu, ohne Bildung von durchgehenden Rissen in Kett- oder Schußrichtung eindringenden Bodenpartikeln durch Ausweichen nachzugeben, wobei vielfach die Beschädigungen nach Art und Umfang begrenzt bleiben. Die Trennfunktion ist demnach zusammen mit der deutlichen Verbesserung der tragfähigkeitserhöhenden Wirkung von vornherein gegenüber Vliesstoffen nicht vollständig abzuqualifizieren, wenn auch von keiner eigenständigen Filterwirkung im strengen Sinne gesprochen werden kann. (Dies ist allerdings bei den Geotextilien vom Dehnungs- und Verletzungsgrad abhängig.) Bei intensiven Beanspruchungen ergeben sich jedoch sehr rasch Grenzen bezüglich der Widerstandsfähigkeit bei allzu leichten Geweben. Man sollte das Augenmerk im Anwendungsbereich auf zumindest mittlere Qualitäten richten.

8.4 Verbundstoffe

Die Kombination von filterwirksamen Vliesstoffen mit zugfesten Einlagen (Gewebe, Gitter) erscheint bei besonders hohen Anforderungen an die Geotextilien wegen der in den vorhergehenden Abschnitten beschriebenen Vor- und Nachteile als günstigste Lösung. Derartige Stoffe wurden in den bisherigen Versuchsreihen z. T. als Spezialanfertigungen mit besonders gutem Erfolg eingesetzt. (Allerdings können Produkte mit einer ganz schwachen gitterartigen Einlage nicht dazugezählt werden.) Gute Filterwirkung von Nadelvliesen bei nicht allzu strenger Auslegung der Sperrbedingung und hoher Dehnsteifigkeit des zwischenliegenden Gewebes sorgen auch bei intensiver Beanspruchung sowohl für eine sichere Trennwirkung als auch für eine deutliche Verbesserung der Tragfähigkeit.

9. Zusammenfassende Beurteilung

Aus den bisherigen Untersuchungen ergaben sich wesentliche Unterschiede im Verhalten der Geotextiltypen und -fabrikate bei intensiver Verkehrsbeanspruchung. Die Filter- und Trennwirkung kann nicht allgemein nach schematischen Regeln beurteilt werden, sondern hängt von zahlreichen Parametern ab, die im einzelnen noch bezüglich ihrer Bedeutung näher untersucht werden müssen. Neben dem Geotextiltyp und der Beschaffenheit des Untergrundes hat die Zusammensetzung und die Konstruktion des Oberbaus, vornehmlich aber dessen Dicke (dies insbesondere bei nicht kohäsiven Tragschichten) entscheidenden Einfluß auf die Brauchbarkeit des Fahrweges. Zu geringe Oberbaustärken können bei schlechten Untergrundverhältnissen auch durch schwerere Geotextilien nicht ausgeglichen werden. Aus den weiteren Untersuchungen werden Auswahlkriterien und Bemessungsansätze erwartet. Dabei dürfte es für die Zukunft vor allem darauf ankommen, die komplexen Vorgänge in den zeitlichen Entwicklungsphasen des Zusammenwirkens von Untergrund, Geotextil und Oberbau von der Herstellung bis zur Dauernutzung des Fahrweges näher beurteilen zu können.