Bemessung von Geotextilien im Strassenbau: Regressionsberechnung von Erfahrungswerten

Autor(en): **Jaecklin, Felix P.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

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

Heft 40

PDF erstellt am: **29.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-76259

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

Bemessung von Geotextilien im Strassenbau

Regressionsberechnung von Erfahrungswerten

Von Felix P. Jaecklin, Ennetbaden

Die Absicht bestand darin, vorhandene Kenntnisse und Erfahrungen in der Anwendung von Geotextilien für Strassen ohne Belag zusammenzustellen. Der Vergleich der vorhandenen Literatur zeigt deutlich, dass nur beschränkte Angaben auffindbar sind, welche dem Ingenieur erlauben, die massgebenden Geotextileigenschaften wie Festigkeit und Dehnbarkeit unter gegebenen Belastungen zu bestimmen. Die hier dargestellte Berechnungsmethode basiert weitgehend auf den 88 Fallbeispielen, welche das französische Geotextil-Komittee empfiehlt, und die durch eine Umfrage der Schweizerischen Gesellschaft für Geotextilfachleute SVG bei in- und ausländischen Fachleuten ergänzt wurde, um den Stand der Bemessungsmethoden der Praxis bezüglich Geotextilien einzubeziehen.

Diesen Untersuchungen folgte eine weitere Studie über den Unterschied der Prüfbedingungen in Frankreich und in der Schweiz, bezüglich der Geotextil-Bruchdehnung, was eine Differenz von rund 15% ergab.

Eine ausführliche Darstellung der Bemessungsmethode enthält das Geotextil-Handbuch.

Regressionsberechnung

Die umfangreichen Informationen wurden in einer aufwendigen mathematischen Regressionsmethode erfasst. Da sechs Variabeln mit lediglich empirischen Zusammenhängen einwirken, ist dieses Verfahren komplex. Jede Art mathematischer Funktionen oder Kombinationen davon sind denkbar. Zweifellos ist keine direkte und exakte Lösung möglich. Darum waren durch zahlreiche Probeversuche Formeln zu suchen, welche das vorhandene Zahlenmaterial sinngemäss zu simulieren vermögen.

Dieses Vorgehen wird hier erläutert, da es in dieser Art als eher ungewöhnlich gilt und anfänglich mehrfach als kaum realisierbar beurteilt wurde. Die Resultate dieser Arbeit dürften daher Interesse finden wegen der Bemessungsdiagramme, aber auch als Beispiel einer neuartigen computerunterstützten Ingenieur-Methode, die einen grossen Zahlensatz in Bemessungsformeln umsetzt.

Der Schwerpunkt dieser Arbeit liegt somit nicht in den Einzelheiten der Formeln, sondern in der Art der Erfassung der Tendenzen und der verschiedenen Wirkungen.

Wirkung des Geotextils im Strassenkörper

Theoretisch entsteht durch die Einlage des Geotextils in den Strassenkörper ein *Kompositmaterial* ähnlich wie «Bewehrte Erde» oder bewehrter Beton. Allerdings bestehen noch keine Ingenieurmethoden zur Erfassung dieser Verhältnisse im Boden. Offenbar basiert die Wirkung des Geotextils im Strassenkörper nur beschränkt auf der Verstärkung und Bewehrung, hauptsächlich aber in der Kombination verschiedener Aufgaben, wie Trennen, Filtrieren und Drainieren, sowie einer dynamischen Wirkung.

Nach Feldversuchen erzeugen Belastungen meist nur eine geringe Erhöhung der Zugkräfte, da die Dehnungen im Geotextil die Spannungen reduzieren, jedoch das Gesamtverhalten verbessern. Dies bedeutet, dass die Wirkung von Geotextilien im Strassenkörper nicht durch eine einfache Belastungs-Dehnungs-Berechnung zu erfassen ist. Die grossen Verformungen, das plastische Verhalten von Boden und Geotextil sowie besondere dynamische Wirkungen beeinflussen das Gesamtverhalten in komplizierter Weise. Es ist daher angebracht, erfolgreiche Anwendungen und Erfahrungen als Richtschnur zur Projektierung zu verwenden, anstelle von theoretischen, übersimplifizierenden Berechnungsannahmen.

Die dargelegte Berechnungsmethode bezweckt, Bemessungsdiagramme für die Ingenieurpraxis zu erstellen. Durch das Sammeln von weiteren Erfahrungen sind die mathematischen Einzelheiten der Methode zu verfeinern, um die Toleranzen und die Wirtschaftlichkeit zu verbessern; Kommentare sind daher sehr erwünscht.

Definition der Variabeln

Strassenabschnitt

Das gesamte Strassenprojekt ist in Unterabschnitte zu unterteilen, die ähnliche Untergrundverhältnisse aufweisen, da die übrigen Variabeln, wie Verkehrslast, Spurrinnentiefe und Schüttmaterial, meistens gleich bleiben. Variierende Untergrundverhältnisse begründen eine sinnvolle Projektunterteilung. Selbstverständlich betrifft diese Methode nur Strassen ohne Belag, also Baupisten oder Naturstrassen.

Verkehrsbelastung

Die Verkehrsbelastung wird wie nachfolgend mit dem Faktor V definiert:

$V = 0{,}5$	sehr leichter Verkehr	Leichtverkehr (nur Autos) oder Raupenfahrzeuge
$V = 1{,}0$	leichter Verkehr	wenig Schwerverkehr, max. 10 Lastwagen pro Tag, Gesamtlast 1000–10 000 t
$V = 2{,}0$	mittel	viel Schwerverkehr, 10 bis 50 Lastwagen pro Tag Gesamtlast 10 000–50 000 t
$V = 2{,}5$	schwer	sehr viel Schwerverkehr 50–100 Lastwagen pro Tag Gesamtlast 50 000–100 000 t
$V = 3{,}0$	sehr schwer	extremer Schwerverkehr über 100 Lastwagen pro Tag Gesamtlast über 100 000 t

Erläuterungen

- Leichtverkehr betrifft Fahrzeuge mit weniger als 3,5 t. Als Gesamtlast zählt das Gewicht aller Fahrzeuge vor Einbau des Belages.
- Die Bemessung beruht auf europäischen Grosslastwagen (LW oder LKW) mit 36 t Gesamtgewicht auf 4 Achsen, also 9 t Achslast.
- Extremer Schwerverkehr sind Transport- oder Baustellenfahrzeuge ohne Strassenzulassung. Sofern diese besonders hohen Reifendruck oder Achslasten aufweisen, ist der V-Faktor angemessen zu erhöhen z.B. $V = 4$.

Spurrinnentiefe

Die Spurrinnen der provisorischen Strasse erreichen nach erfolgter Verkehrsbelastung etwa den angegebenen Wert. Es ist beizufügen, dass die Geo-

U	CBR %	c_u kN/m²	ME1 MN/m²	ME2 MN/m²	phi °	VSS Klasse
3 sehr weich	(1-)2	10-60	1-3	2-5	12-18	S0
2 weich	2-5	60-150	3-10	5-20	15-25	S1
1 fest	5-10	150-300	10-25	20-25	25-35	S2

Tabelle 1. Einfluss des Untergrundes

Beanspruchung		minimale Schüttdicke [dm] bei U = 1	bei U = 2	bei U = 3
Leichtverkehr	V = 1	3	3.5	4
Schwerverkehr	V = 2	3.5	4	4.5
extrem.Schwerverk.	V = 3	4	4.5	5

Definition des D Faktors :

D = 3 Schüttdicke, dünn 0.3-0.4 m

D = 4 Schüttdicke, mittel 0.4-0.5 m

D = 5 Schüttdicke, dick 0.5-0.8 m

Tabelle 2. Minimale Schüttdicke

textilien nicht eigentlich zur Verminderung von Spurrinnen bemessen werden, sondern umgekehrt, je nach Spurrinnen wird ein Geotextil gewählt, das nicht beschädigt wird. Der entsprechende Faktor R ist:

R = 3–4 Spurrinnen bis zu 3 cm
R = 5 Spurrinnen bis zu 5 cm
R = 10 Spurrinnen bis zu 10 cm
R = 15 Spurrinnen bis zu 15 cm

Normal sind Spurrinnen von 5–10 cm, da grössere Spurrinnen den Bauverkehr zu stark behindern. Zudem wird der Untergrund überbelastet, und die grossen Deformationen weichen den Untergrund auf, was die Tragfähigkeit vermindert. Grosse Spurrinnen erfordern zudem Nacharbeit mit dem Graderbalken zum Glätten der Oberfläche, was eine Gefahr von Geotextilbeschädigungen bedeutet.

Untergrund und Tragfähigkeit

Die Qualität des Untergrundes wird bei harten Böden mit Plattenversuchen und bei weichen Böden mit dem Feld-CBR-Gerät geprüft, d.h. einem Stock mit Skala und konischer Spitze, welcher den *CBR*-Wert direkt abzulesen ermöglicht. Die nachstehend verwendeten *U*-Werte entsprechen den französischen Untergrundklassen.

Erläuterungen

- Der *CBR*-Wert definiert den *U*-Faktor.
- c_u- und *ME*-Werte sind geschätzt und dienen nur zum generellen Vergleich
- Alle nachstehenden Berechnungen basieren auf dem *CBR*-Wert, evtl. dem c_u-Wert. Nicht möglich sind Korrelationen in grobem Kies oder Geröll sowie auf verdichteten Schüttungen.
- *S*1 bis *S*4 sind die neuen Schweizer Tragfähigkeitsklassen. *S*0 wird zudem hier für weiche Böden verwendet.
- *CBR*, California Bearing Ratio, bestimmt sich nach der Norm SNV 670 316 für Feldversuche und der Norm SNV 670 320a für Laborversuche.
- c_u ist die mit dem Drehflügel gemessene, undrainierte Scherfestigkeit, ungenau auch als Kohäsion bezeichnet.
- *ME* ist der Deformationsmodul gemäss dem Lastplattenversuch mit dem Durchmesser 0,3 m, wie festgelegt in der Norm SNV 670 317a. Der Wert entspricht etwa dem deutschen Lastplattenversuch *EV*1, d.h. $EV1 = 0{,}79 \cdot ME1$.
- *ME*2 wird mit der Wiederbelastung der Platte bestimmt und entspricht etwa *EV*2, d.h. $EV2 = 0{,}79 \cdot ME2$.
- φ ist der totale Reibungswinkel, grob geschätzt.

Schüttmaterial

Die Sorte des Schüttmaterials wird wie folgt berücksichtigt:

K = 0,5 gebrochenes Material Korngrösse Durchm. 20–80 mm gut abgestuft.

K = 1 sauberer Kies, Kiessand I, max. Durchm. 63 mm und weniger als 3% Feinanteil, gut abgestuft. *GW:* Max. 3% Feinanteil und max. Durchm. 250 mm oder weniger als die Hälfte der Schüttdicke *D*.

K = 2 siltiger Kies, Kiessand II, max. Durchm. 100 mm und weniger als 10% Feinanteil oder *GM:* weniger als 15% Feinanteil, max. Durchm. 250 mm oder weniger als die halbe Schüttdikke *D*.

Erläuterungen

- Die Norm SNV 670 120 definiert die Kiessandtypen I und II.
  Ausser diesen meist verwendeten Schüttmaterialien existieren auch weitere Typen, welche besonders für provisorische Strassen von wirtschaftlicher Bedeutung sein können, nämlich saubere Sande, siltige Sande und Kiese (*SP, GP, SW, GW, SM, GM* gemäss USCS, Unified Soil Classification System).
- Zudem findet gebrochenes Felsmaterial oder gebrochenes Geröll immer häufiger Verwendung im Strassenbau.
- Falls gebrochenes Material grosse Körner mit eckigen Kanten und Spitzen enthält, so ist das Geotextil beim Schütten oder bei der Verdichtung besonders gefährdet. In solchen Fällen ist ein Geotextil mit hoher Reissfestigkeit oder noch besser mit hoher Weiterreisskraft, grosser Reissdehnung und genügender Dicke zu wählen.

Schichtdicke und Anzahl Geotextilien

Um praktikable Baupisten anzulegen, darf die Schüttdicke ein gewisses Minimum gemäss Tabelle 2 nicht unterschreiten (*D*-Wert).

In Fällen mit viel Schwerverkehr und weichem Untergrund werden zwei Lagen Geotextilien verwendet: eine erste mit grosser Reissdehnung direkt auf dem weichen Untergrund. Es wird mit etwa 0,1–0,2 m überdeckt und mit leichten Geräten verdichtet. Das zweite Geotextil erzeugt eine gute Armierungswirkung dank geringer Reissdehnung und hoher Festigkeit.

Definition der *D*-Werte mit 2 Geotextilien:

D = 6,0:
Schüttdicke mittel, 0,3–0,4 m + 2 Lagen

D = 6,5:
Schüttdicke mittel, 0,4–0,5 m + 2 Lagen

D = 7,0:
Schüttdicke dick, 0,5–0,8 m + 2 Lagen

Geotextil-Kennwert

Die meisten hier verwendeten Erfahrungswerte beruhen auf Polyester-Endlosfasern mit mechanischer Vernadelung. Andere Geotextiltypen weisen grössere oder kleinere Reissdehnung auf, was nachstehend berücksichtigt wird.

Die totale Widerstandsfähigkeit eines Geotextils hängt ab von der kombinierten Wirkung der Reisskraft r und der Reissdehnung ε_r, d.h. die Zerreissarbeit ist die Kraft mal Dehnung:

$$A = r \cdot \varepsilon_r$$

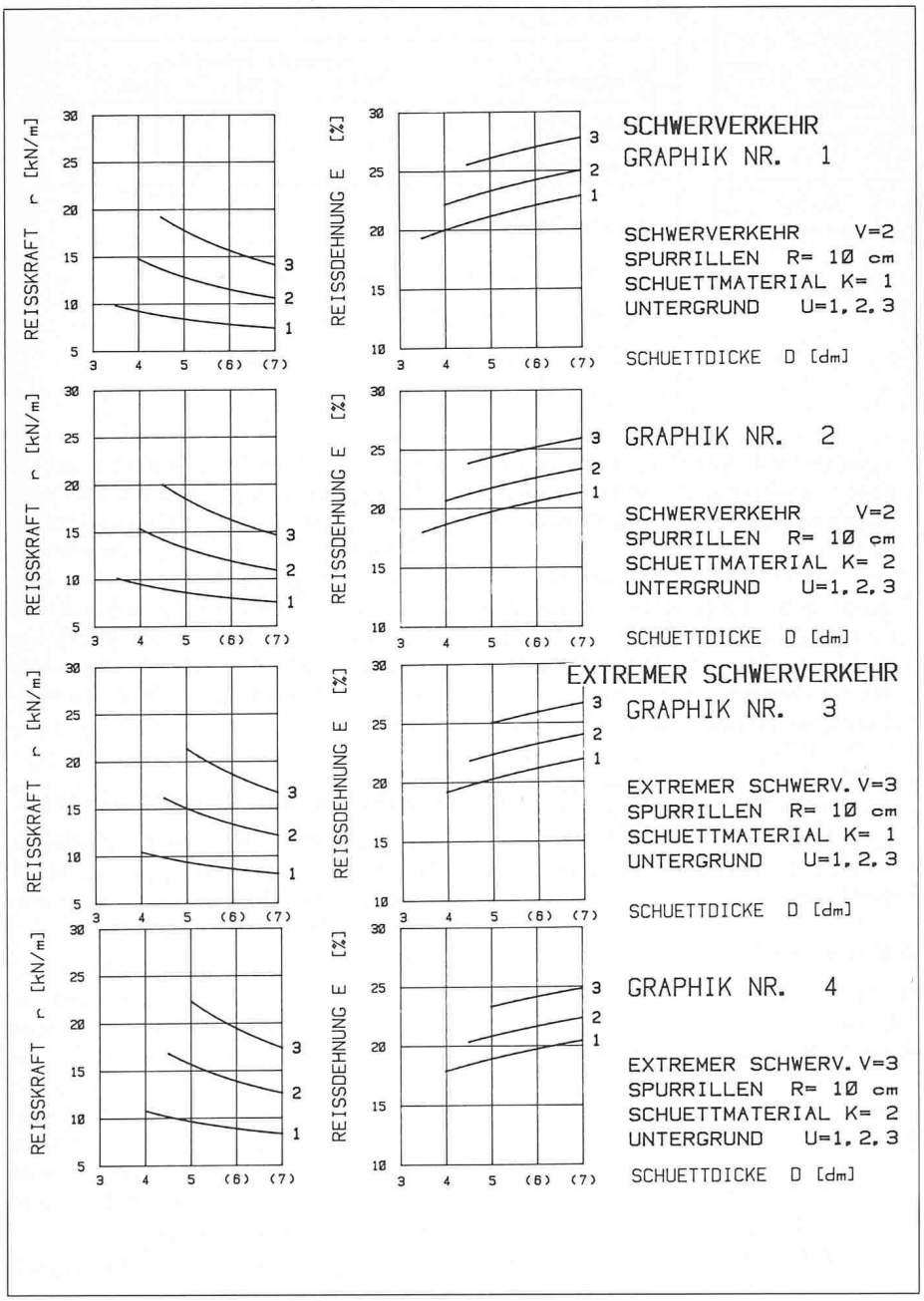


Bild 1. Graphiken

Diese Formel bedeutet, dass Geotextilien mit grosser Reissdehnung der Beschädigung durch Deformation ausweichen. Normalerweise ist der Geotextilkennwert $G = 1$, was bedeutet, dass keine spezielle Berücksichtigung erfolgt. Dies gilt, wenn die vorhandene Reissdehnung und Reisskraft grösser sind als die geforderten Minimalwerte. Falls die Reissdehnung unter dem Minimalwert liegt, so ist der G-Wert wie folgt zu bestimmen:

$$G = \varepsilon_r \text{erforderlich} / \varepsilon_r \text{vorhanden}$$

Der G-Faktor wird verwendet, um die Reisskraft r auf r^* zu erhöhen.

$$r^* = r \cdot G$$

In der Praxis ist somit $G = 1{,}0$ oder höher, jedoch kaum über 2,0.

Mechanische Geotextil-Anforderungen

Mathematische Simulation der Ausgangswerte

Konzept und Vorgehen zur Bestimmung der Reisskraft und Reissdehnung εr sind in der Einleitung dargelegt. Einer der Vorzüge der mathematischen Erfassung von Erfahrungswerten ist deren Gebrauch zum Zeichnen von Bemessungsdiagrammen (siehe 1 bis 4). Zudem können die Variabeln beliebig kombiniert werden, und auch Dezimalstellen sind durchaus zulässig. Als weniger offensichtlicher Nachteil bleibt zu beachten, ob die gewählte Kombination von Variabelnwerten im Rahmen der ursprünglichen Erfahrungswerte liegt oder eine nicht zulässige Extrapolation bedeutet. Das ist durch den Fachmann im Einzelfall zu prüfen.

Minimale Reisskraft *r*

Der Textilausdruck «Reisskraft» ist gleichbedeutend mit dem Ingenieurbegriff «Reissfestigkeit». Die Fomel lautet:

(1)
$$r = [5 + (2{,}1 \cdot V_1 \cdot R_1 \cdot U_1 \cdot D_1 \cdot K_1)] \cdot G$$

Die Hilfsvariabeln sind wie folgt definiert:

(2) $V_1 = (V + 0{,}8)^{0{,}8}$

(3) $R_1 = 4 / (3 \cdot R^{0{,}8})$

(4) $U_1 = 0{,}9\, U^{1{,}2}$

(5) $D_1 = 3{,}6 / D$

(6) $K_1 = [1 + (1/K - 1)^2]^{1/4}$

Die komplette Bemessungsformel lautet demnach

(7) $r = [5 + (2{,}1 \cdot (V + 0{,}8)^{0{,}8} \cdot 4/3 \cdot R^{-0{,}8} \cdot \cdot 0{,}9 \cdot U^{1{,}2} \cdot 3{,}6/D \cdot [1 + (1/K - 1)^2]^{1/4}] \cdot G$

Bemessungsformel für die Reissdehnung ε:

In ähnlicher Weise wie für die Reissfestigkeit r ist die erforderliche minimale Reissdehnung ε zu bestimmen, allerdings mit zwei Korrekturen:

- Reduktion der minimalen Reissdehnung um eine französische Klasse, als Folge neuerer Erfahrungen.
- Eine zusätzliche Umfrage bei Geotextilfachleuten 1982/83 sowie eine Spezialumfrage 1984/85, Jaecklin [9], führten zu Präzisierungen. Vor allem die letzte Umfrage ergab einen Unterschied zwischen der französischen und der schweizerischen (EMPA-)Prüfmethode von etwa 15%. Entsprechend wurden die französischen Werte mit dem Transferfaktor $T = 1{,}15$ multipliziert.

Alle diese Korrekturen sind in den Bemessungsdiagrammen enthalten.

Die Bemessungsformel für die Reissdehnung ε lautet:

(8) $\varepsilon_f = 1{,}4 \cdot V_2 \cdot R_2 \cdot (U_2 + + D_2) \cdot K_2 \,(\text{in } \%)$

Diese Formel verwendet den Hilfswert ε_f und ε_r. ε_f = Reissdehnung ε gemäss der franz. Empfehlung und $\varepsilon_r = (\varepsilon_f$ minus 1 Klasse$) \cdot T$ mit $T = 1{,}15$ als Korrektur.

Die Hilfsfaktoren sind wie folgt definiert:

(9) $V_2 = 1 / V^{0{,}1}$

(10) $R_2 = \log R$

V	= 0.5	1	2	2.5	3	Tabelle 3
V_1	= 1.23	1.60	2.27	2.59	2.90	
R	= 3	5	7	10	15	Tabelle 4
R_1	= 1.22	1.17	1.14	1.10	1.07	
U	= 1	2	3			Tabelle 5
U_1	= 0.90	2.07	3.36			
D	= 3	4	5	6	7	Tabelle 6
D_1	= 1.20	0.90	0.72	0.60	0.51	
K	= 0.5	1	2			Tabelle 7
K_1	= 1.18	1.00	1.06			

Tabellen 3 bis 7. Bestimmung der Hilfsfaktoren

Tabellen 8 bis 12. Bestimmung der Grösse der Hilfsfaktoren

V	= o.5	1	2	2.5	3	Tabelle 8
V_2	= 1.07	1.00	0.93	0.91	0.91	
R	= 3	5	7	10	15	Tabelle 9
R_2	= 0.48	0.70	0.87	1.00	1.18	
U	= 1	2	3			Tabelle 10
U_2	= 1.00	2.83	5.20			
D	= 3	4	5	6	7	Tabelle 11
D_2	= 14.77	16.0	16.99	17.78	18.45	
K	= 0.5	1	2			Tabelle 12
K_2	= 1.07	1.00	0.93			

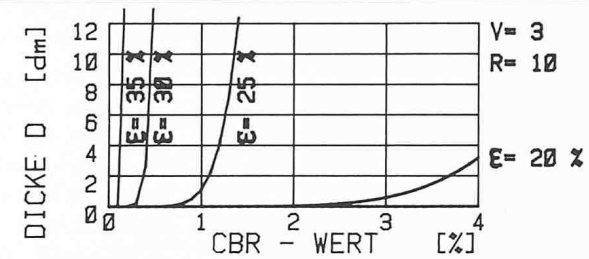


Diagramm 7 : sehr starker Verkehr (V=3) und grosse Spurrinnentiefe (R=10'cm) erfodern ein min. ε = 25% oder mehr, falls CBR unter 2 liegt.

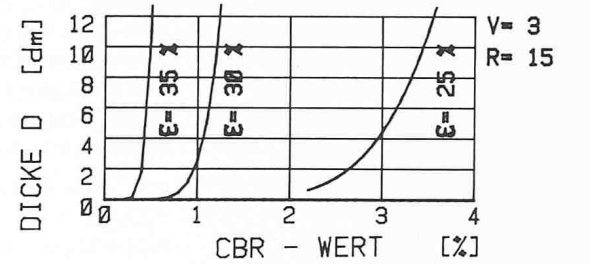


Diagramm 8 : Ähnlich wie in Diagramm 7 erfordern noch tiefere Spurrinnen ein entsprechend erhöhtes ε = 30% oder mehr, falls CBR unter 2 liegt.

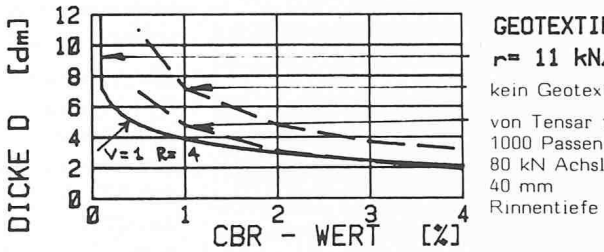


Diagramm 9 : Die mit der hier angegebenen Methode berechnete, durchgehende Linie wird mit der unteren gestrichelten Linie, gemäss einer neueren Tensar-Publikation verglichen und zeigt eine gute Übereinstimmung.

Bild 3. Diagramme 7 bis 9

Bild 2. Diagramme 5 und 6

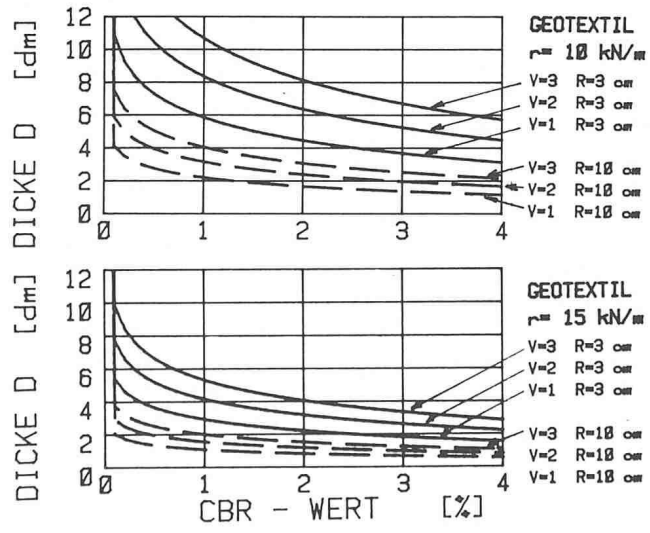


Diagramm 5 und 6: Wirkung von Verkehr und Spurrinnentiefe auf die erforderliche Schüttdicke und Geotextilfestigkeit.

Bild 4. Diagramme 10 und 11

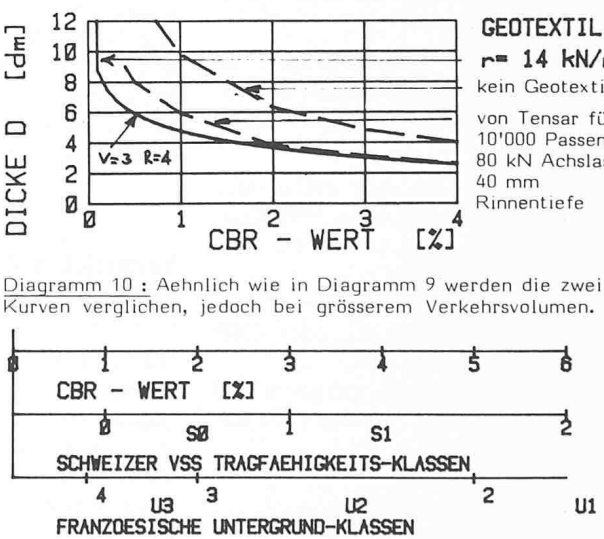


Diagramm 10 : Aehnlich wie in Diagramm 9 werden die zwei Kurven verglichen, jedoch bei grösserem Verkehrsvolumen.

Diagramm 11 : Definition der verschiedenen Untergrundklassen mit CBR-Werten (nur als Vergleich).

(11) $U_2 = U^{1,5}$

(12) $D_2 = 10 + 10 \cdot \log D$

(13) $K_2 = 1 / K^{0,1}$

Entsprechend lautet die komplette Bemessungsformel:

(14) $$\varepsilon_f = \frac{1{,}4 \cdot \log R \cdot (U^{1,5} + 10 + 10 \cdot \log D)}{V^{0,1} \cdot K^{0,1}}$$

(15) $P_f = \ln(\varepsilon_f / 6{,}913)^{(1/0{,}2457)}$

(16) $P = P_f - 1$
Reduktion um 1 Klasse

Daraus wird die erforderliche minimale Reissdehnung bestimmt zu:

(17) $\varepsilon_r = 6{,}913 \cdot e^{0{,}2457 \cdot P} \cdot T$

Diese Werte können mit der vereinfachten Formel wie folgt verwendet werden:

(18)
$\varepsilon_r = [(1{,}4 \cdot V_2 \cdot R_2 \cdot (U_2 + D_2) - 5] \cdot T$

Der Unterschied zur exakten Methode wie oben gezeigt beträgt etwa 1-4% im Bereich von ε_r = 10-30%.

Hinweise zur Wahl der geeigneten Reissdehnung

Falls grosse Deformationen auf der Baustelle erwartet werden, so sind viel grössere minimale Reissdehnungen nötig:

- ε_r = 25% min., falls nur 1 Lage und grössere Deformationen auf der Baustelle erwartet werden.
- ε_r = 50-70% min., falls sehr grosse Deformationen oder grosse Steine oder weicher Untergrund vorkommen.
- ε_r = 70% min. für die untere Lage bei Verwendung von 2 Geotextilien und Schüttzwischenlage.
- ε_r-*Maximum* = 15-20% falls, nur Leichtverkehr (V = 1) und weicher Untergrund (U = 3), sowie Spurrinnen von 3-4 cm (R = 4). Diese Anforderung beschränkt ausnahmsweise die maximale Reissdehnung um die Armierungswirkung zu erhöhen.
- ε_r-*Maximum* = 15% für die zweite Lage von Geotextilien (D = 6-7), um die Spurrinnentiefe zu beschränken.

Mit Ausnahme des letzten Punktes stimmen diese Anforderungen mit der Auffassung der Technischen Kommission des SVG überein.

Die allgemeinen Anforderungen an Geotextilien bei grobkörnigem Schüttmaterial (d_{85} grösser als 30 mm) lauten wie folgt:

- ε_r min = 20%, falls sehr steifer oder harter Untergrund gemäss VSS Klasse *S*3 oder *S*4, bzw. *CBR*-Wert über 12%
- ε_r min = 30%, falls steifer Untergrund gemäss Klasse *S*2, oder *CBR* 6-12%
- ε_r min = 40%, falls d_{85} grösser als 30 mm und auf sehr weichem Untergrund.

Zusätzliche Bemessungsdiagramme

Die nachfolgenden Bemessungsdiagramme beruhen auf denselben Formeln, verwenden jedoch den *CBR*-Wert und die Schüttdicke D als Koordinate, um die Zusammenhänge ähnlich wie bisher in der Literatur zu gestalten.

Die Bilder 5 und 6 illustrieren die Wirkung der Schüttdicke der Spurrinnentiefe und der Verkehrsbelastung: höhere Verkehrsvolumen erfordern grösserer Schüttdicken. Bei gleichem Verkehrvolumen führt die geringere Schüttdicke zu bedeutend grösseren Spurrinnen. Diese zwar sinnvollen Zusammenhänge könnten zum Schluss führen, dass eine grössere Reissfestigkeit des Geotextils auch zu geringeren Spurtiefen führt und deshalb die Geotextilfestigkeit direkt zur Bemessung gegen Spurrinnen dienen würde, was jedoch nicht die Absicht ist.

Die Spurrinnentiefe ist das kombinierte Resultat aus Verkehrsvolumen, der Schüttdicke und deren Verdichtungsgrad sowie dem vorhandenen Untergrund. Die ermittelten Geotextileigenschaften vermeiden dessen Beschädigung und helfen die Spurrinnen etwas geringer zu halten.

Als Ausnahme zählt der Fall mit *zwei* Geotextilien, ein schwaches, aber stark dehnfähiges direkt auf dem weichen Untergrund und ein starkes, gering dehnfähiges Geotextil auf einer ersten Zwischenschicht. Diese Anwendung bezweckt die eigentliche Bewehrung.

Die Bilder Nr. 7 und 8 vergleichen die Anforderungen an die Reissdehnung je nach *CBR*-Wert. Bei sehr viel Schwerverkehr (V = 3) und tiefen Spurrinnen (R = 10 bzw. 15 cm) wird ein Reissdehnung von 25-30% gefordert, falls der *CBR*-Wert unter 2 liegt, was durch die meisten Vliese problemlos erfüllt wird. Nur bei *CBR*-Werten über 4 sind Geotextilien mit ε unter 20% verwendbar. Bei weichen Böden sind diese Anforderungen zudem fast unabhängig von der Schüttdicke D.

Vergleich der Resultate mit anderen Unterlagen

Oft werden neue Bemessungsmethoden zuerst mit vorhandenen in Vergleich gesetzt. Hier sind Übereinstimmungen mit den französischen Empfehlungen offensichtlich, obwohl auch zahlreiche Unterschiede bestehen, die nicht etwa als Diskrepanz, sondern als Verfeinerung anzusehen sind, da die Formeln einen stetigen Verlauf der Anforderungen berechnen, während die empirischen Daten nur in Stufen vorliegen und teilweise grobe Interpolationen enthalten.

Die Bilder 9 und 10 verwenden die Bemessungsformeln für die durchgezogenen Linien und zeigen mit den gestrichelten Linien die Vergleichskurven aus einer kürzlichen Tensar-Publikation [11], die bei vergleichbaren Fällen eine gute Übereinstimmung feststellen lassen. Eine zu grosse Genauigkeit darf kaum erwartet werden, da je nach Wahl der Variabeln und der örtlich wechselnden Bedingungen eine gewisse Bandbreite das Resultat bildet.

Literatur

[1] *J. P. Giroud and Noiray,* «Geotextile-Reinforced Unpaved Road Design», ASCE Geotechnical Journal Nr. 9, September 1981, S. 1233

[2] *J. P. Giroud, C. Ah-Line and R. Bonaparte,* «Design of unpaved Roads and Trafficked Areas with Geogrids», Symposium on Polymergrid, Reinforcement in Civil Engineering, 4.1 London 23-24 March 1984, 1-12

[3] *Dr. Willmers,* «Merkblatt für die Anwendung von Geotextilien im Erdbau», Teil: «Hinweise für die Anwendung», Ausgabe 1983, Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Erd- und Grundbau, Köln.

[4] *K. Helprecht, K. Moritz, B. Ruhose:* «Zur Verwendung von Vliesstoffen beim Bau von Landstrassen der unteren Bauklassen», Strasse und Tiefbau, November 1984, S. 23.

[5] *P. L. Bourdaux:* «Dimensionnement des Géotextiles utilisés comme armatures», Strasse und Verkehr Nr. 6, Juni 1984, Seite 215.

[6] *H. Rathmayer:* «Experiences with VTT-DO Classified Non Woven Geotextiles for Finnish Road Constructions», 2nd International Conference on Geotextiles, Las Vegas, 1982, Section 2B International Standards, S. 307.

[7] *Comité français des Géotextiles:* «Recommandations pour l'emploi des géotextiles dans les voies de circulation provisoire, les voies à faible trafic et les couches de forme», Document du Ministère des Transports, direction des routes et de la circulation routières, février 1981.

[8] *K. C. Zerfass:* «Spinnvliesstoffe im Strassen- und Wegebau (Wirkungsweise und geforderte Eigenschaften)», Intern. Chemiefaser-Tagung in Dornbirn, Österreich, 23.-25. September 1981.

[9] *F. P. Jaecklin:* Einfluss der Prüfmethoden auf die Reissdehnung und Rückwirkung auf die Bemessung der erforderlichen Geotextil-Reissfestigkeit. TK-Dokument des SVG, Januar 1985.

[10] *R. Ruegger, F. P. Jaecklin, J. F. Ammann:* Das Geotextilhandbuch des SVG Schweiz, Verband für Geotextilfachleute St. Gallen, Verlag Vogt & Schild AG, Solothurn, Schweiz, 1985.

[11] *Tensar:* Ground Stabilization with Geogrids, brochure July 1982, revised October 1985, page 6 and 7.

Vortrag, gehalten am Internat. Geotextil-Kongress in Wien, 8.4.1986

Adresse des Verfassers: *Felix P. Jaecklin,* Dr. sc. techn., dipl. Bauing. ETH/SIA/ASIC, Geotechnikbüro, Geissbergstr. 46, 5400 Ennetbaden.