

# Unter- und Oberbaubewehrung mit Geogittern

Autor(en): **Fonyo, Balazs / Känel, Hans Rudolf von**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **117 (1999)**

Heft 20

PDF erstellt am: **10.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-79736>

## **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.

Balazs Fonyo und Hans Rudolf von Känel, Niederwangen

# Unter- und Oberbaubewehrung mit Geogittern

**Auf sehr gering bis mittel tragfähigem Untergrund bietet sich im Strassen- und Bahnbau die geogitterbewehrte Bauweise an. Die elastische Verstärkung des Oberbaus mit knochensteifen Geogittern reduziert die plastischen Verformungen, die von dynamischen und statischen Einwirkungen stammen. Auf sehr gering bis gering tragfähigem Baugrund kann man auf diese Weise mit weniger Materialersatz ausführungstechnisch zufriedenstellend arbeiten. Ein geogitterverstärkter Oberbau verlängert die Gebrauchsdauer der Strasse und der Schiene erheblich. Beim flexiblen Strassenoberbau ergibt die Kombination mit einem selbsthaftenden Belagsgitter aus Glasfasern eine optimale Wirkungsweise.**

Unser Land ist zwar infrastrukturell bestens ausgebaut, doch wird uns die Substanzerhaltung in den nächsten Jahren grosse Reserven kosten. Gleichzeitig gelangen wir zur Ansicht, dass erstklassige Ressourcen in der Zukunft nur beschränkt verfügbar sein werden. Da unsere Siedlungsflächen weiter zunehmen, wird bei der Linienführung von Neubauten ein bewusstes Vermeiden von Trassen für Strassen und Bahnen auf ungünstigem Baugrund nunmehr schwierig sein. Deshalb ist es immer aktueller, dass Verkehrswege auf Böden mit sehr geringer, geringer bis mittlerer Tragfähigkeit (Klassen  $S_0$ ,  $S_1$  und  $S_2$ ), sei es auf Sedimentationsebenen oder in Gebirgstälern, ressourcenschonend gebaut werden müssen.

Nebst diesen Gegebenheiten sind wir heutzutage bestrebt, die Gebrauchsdauer unserer Strassen und Bahnen zu erhöhen, nicht zuletzt aus Gründen der Unterhalts- und Sanierungskosten. Dieser Bestrebung entgegen wirkt der stark zunehmende Verkehr, denn Mobilität bleibt für die Zeit von heute, wie auch für die von morgen wirtschafts- und gesellschaftsbestimmend.

## Zielsetzungen

Bei sehr gering bis gering tragfähigen, mächtigen oder oberflächennahen Schich-

ten geht es in erster Linie um die technische Einbring- und Verdichtbarkeit in der Ausführung ohne grossen Materialersatz (Bild 1).

Ein sparsamer Umgang mit erstklassigen Materialien, wie Kiessand, Bitumen und Zement sollte in den Unter- und Oberbauschichten angestrebt werden, da es sich direkt in den Investitionskosten bemerkbar macht.

Die Vermeidung bzw. Verzögerung der Spurrillen- und Rissebildung kann u.a. mit einem tragfähigen Unterbau erreicht werden. Eine Geogitterstabilisierung sollte bewirken, dass Untergrund und Unterbau in eine höhere Tragfähigkeitsklasse eingestuft werden können.

Die Verlängerung der Lebensdauer von Verkehrswegebauwerken gilt als oberstes Gebot im Sinne einer langfristigen Kostenwahrheit, um Unterhalts- und Sanierungsaufwand weiter vermindern zu können (Bild 2).

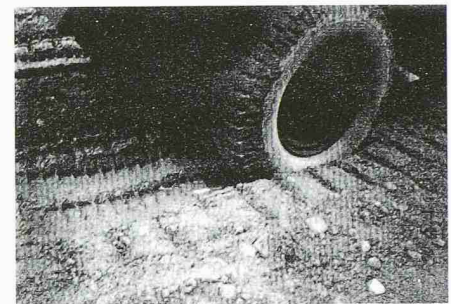
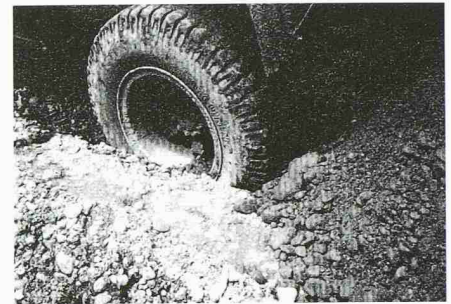
Da der Personenverkehr auf Strassen und Schienen einen Grossteil des Gesamtverkehrs ausmacht, sind wir aus Komfortgründen bestrebt, dass die Oberflächenverformungen möglichst lang im Rahmen gehalten werden.

## Lastabtragung/Funktionsweise

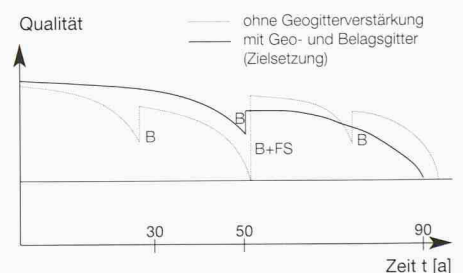
Unter Strassen und Schienen wirken statische und dynamische Einwirkungen. Die dynamischen, konzentriert angreifenden Lasten sind mit ihren schwer erfassbaren Effekten hauptsächlich für die differentiellen Verformungen verantwortlich, die sich im leicht zusammendrückbaren Untergrund ereignen.

Eine zyklische Unterbaubeanspruchung zeichnet sich durch in Bruchteilen von Sekunden wirkende, extrem grosse Belastungsspitzen aus, die sich in Form von Schwingungen mit hohem Energiegehalt im Halbraum ausbreiten.

Was die Lastausbreitung im Untergrund betrifft, unterscheiden sich dynamische Lasten von den statischen insofern, dass der Ausbreitungswinkel der Druck-, Scher- und Rayleighwellen flacher als der statische Ausbreitungswinkel z.B. gemäss Boussinesq im elastischen Halbraum ist. Daher ist die Horizontalkomponente einer

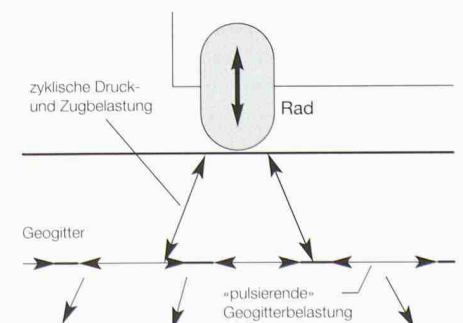


1 Oben: Schütten auf schlechtem Baugrund, unten: mit Geogitterstabilisierung auf schlechtem Baugrund



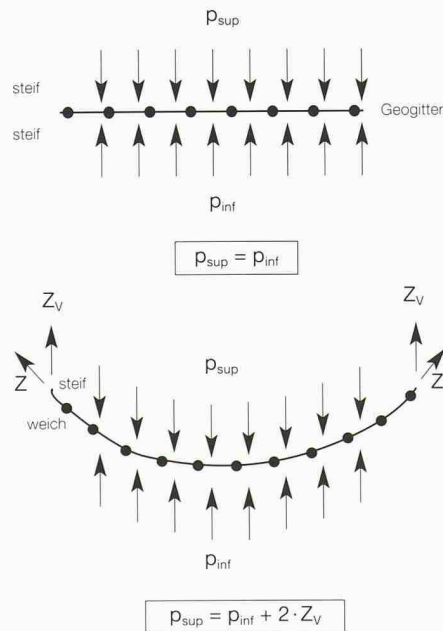
2 Zielsetzung: Gebrauchsdauer-Szenarien

3 Lastabtragung mit Geogittern: flacherer Ausbreitungswinkel vermindert die punktuelle Belastung



vertikalen, zyklischen Belastung grösser als diejenige einer statischen Last.

Die Horizontalkomponente unter einer konzentrierten Last, wie dies z.B. eine Radlast ist, wird nun vom Geogitter aufgenommen, das in geringer Tiefe unter der Belastung liegt (0,4 bis 0,8 m). Unter der Strasse bzw. Bahnlinie herrschen in den Geogitterlagen zum grössten Teil pulsierende, zyklische Zugspannungen (Bild 3). Dauerlasten können vernachlässigt werden. Die grösste Rolle spielt in diesem Zusammenhang die Interaktion Boden-Geogitter, die vor allem - aus Gründen der dynamischen Belastung - von den beiden Steifigkeiten und von der Knotenfestigkeit des Geogitters abhängt. Liegen die E-Moduln des Geogitters und des Oberbaus nah beieinander, so erfüllt man eine wichtige

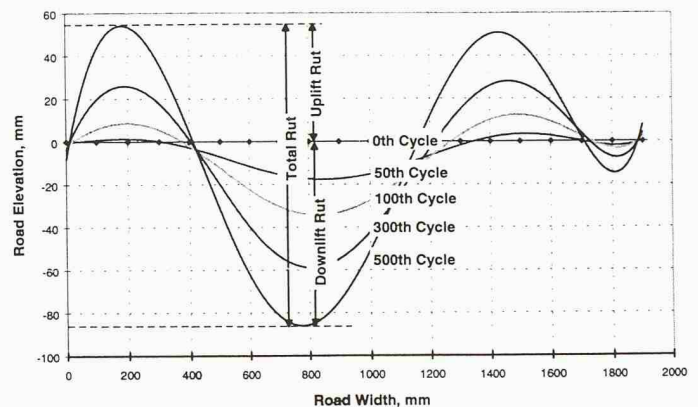


4 Effekt der «gespannten Membrane» im Steif-Steif- und Steif-Weich-Zweiphasensystem

5 Setzungsmulde im geogitterstabilisierten (Nr. 8) und nicht geogitterstabilisierten (Nr. 9 weiter hinten) Kontrollquerschnitt



6 Typische Setzungsmulde



Voraussetzung für eine erfolgreiche Boden-Geogitter-Zusammenwirkung.

Bei sehr kleinen Verformungen wirkt ein Geogitter noch ausgeprägter. Um die Tragwirkung bei minimalen Setzungen demonstrieren zu können, eignet sich die Modellierung einer gespannten Membrane im Zweiphasensystem.

Im von oben gleichmässig belasteten System steif-steif erfährt das Geogitter keine Kräfte. Im steif-weichen Aufbau hingegen verformt sich das Geogitter wie in

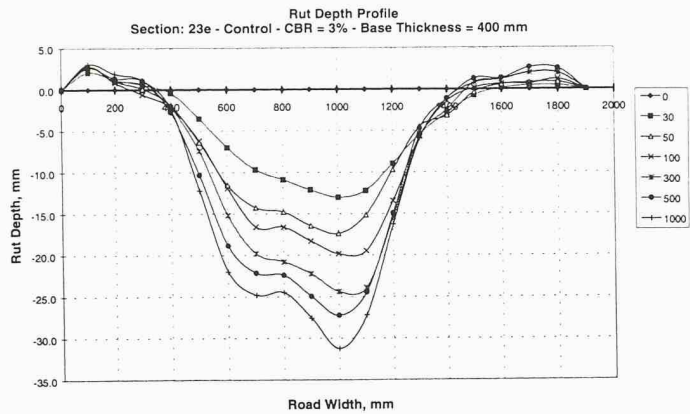
der Seilstatik, übernimmt einen Anteil der oberen, gleichmässig verteilten Lasten und gibt sie weiter aussen ab (Bild 4).

Bei der elastischen Oberbaustabilisierung können wir davon ausgehen, dass der unter der Strasse liegende Boden dank eines günstigeren Lastausbreitungswinkels mit Geogittern weniger stark belastet wird als ohne. Somit erleidet der Untergrund bei einer Geogitterstabilisierung kleinere Belastungen und somit auch kleinere Verformungen.

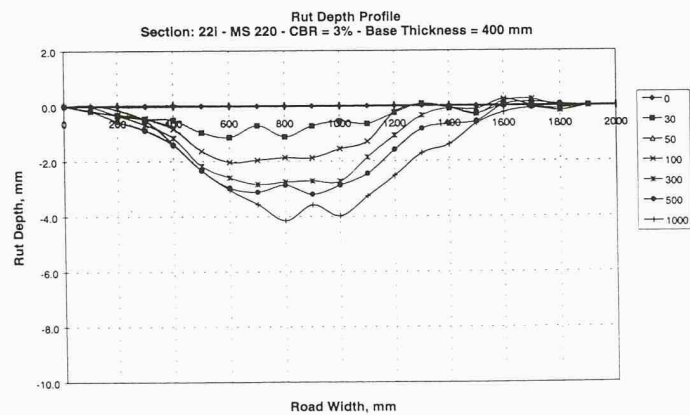
7 Wirksamkeit von Geoprodukten. Untergrund CBR = 3%, FS = 400 mm, Belag 75 mm [2]

	Nichts (Kontrollquerschnitt)	Geovlies	Geogewebe Bändchen PP	Geogitter einlagig, nicht knotensteif PES	Geogitter einlagig knotensteif PP	Geogitter dreilagig, knotensteif PP	Geogitter fünflagig, knotensteif PP
Festigkeit in Querrichtung	-	30 kN/m	30 kN/m	30 kN/m	30 kN/m	30 kN/m	55 kN/m
Setzung nach 2000 Zyklen	38,2 mm	18*mm	7,2 mm	4,0 mm	3,3 mm	2,7 mm	<2,0*mm
Wirksamkeitsfaktor	0	2*	5	9	11	14	20-24*

\*Schätzung  
1 Durchfahrt (Zyklus) = 10 äquivalente Achslasten (EAL) à 80 kN



8  
Kontrollquerschnitt  
ohne Geogitter (0 bis  
1000 Durchfahrten)



9  
Mit zweilagigem, kno-  
tensteifem Geogitter  
(0 bis 1000 Durchfahr-  
ten)

sten Ergebnisse (Bild 8 und 9). Dabei sind Wirksamkeitsfaktoren von über 10 auf Böden der Tragfähigkeitsklasse  $S_1$  (CBR = 3%) mit einer Fundationsschichtstärke von 40 cm keine Seltenheit. Dies bedeutet nach der 4.-Potenz-Regel, dass mit Geogittern bis zu zweimal mehr Verkehr auf dem Oberbau fahren darf, bis dieselben Setzungen eintreten, die ohne Geogitter zu erwarten wären.

**Bemessung**

Im Labor wurden Versuche mit dem Ziel angestellt, die Wirksamkeit von Geogittern in die Oberbaubemessung einfließen zu lassen. Als Armierung wurde ein zweilagiges, knotensteifes Geogitter mit einer Zugfestigkeit in Querrichtung von 20 kN/m ausgewählt. Simuliert wurde der Untergrund mit einem normierten Feinsand. Mit dem Wassergehalt konnte die gewollte Tragfähigkeit eingestellt werden, die zwischen CBR = 1 bis 18% variierte. Die Oberbaukonstruktionen mit und ohne Geogitter, die aus 40 cm Kies und 8 cm Belag bestanden, wurden mit einem Stempel von oben zyklisch belastet.

Da der Zerstörungseffekt mit der Geogitterbewehrung kleiner ist, wurde die Oberbauformel für den Stärkeindex gemäss ASSHTO folgendermassen modifiziert [1]:

$$SN = a_1 \cdot d_1 + (\alpha_1/\alpha_2) \cdot a_2 \cdot d_2 + a_3 \cdot d_3$$

- SN: Stärkeindex
- $a_1$ : Materialkoeffizient
- $a_2$ : Materialkoeffizient Kiessand 0.44
- $d_1$ : Schichtstärke
- $d_2$ : Schichtstärke Kiessand
- $(\alpha_1/\alpha_2)$ : Schichtbeiwertverhältnis für knotensteife, zweilagige Geogitter

Das Geogitter weist bei Böden mit Tragfähigkeitsklassen  $S_1$  und  $S_2$  ein Schichtbeiwertverhältnis von rund 1,5 auf (Bild 10).

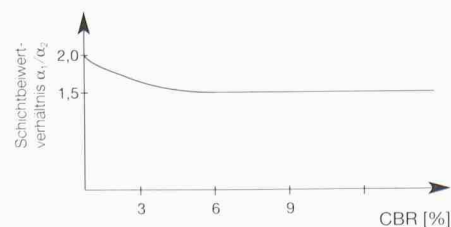
**Forschung**

Die Technische Universität Mailand und ein Geogitterhersteller untersuchten im Massstab 1:1 an einem Versuchsring eine grosse Auswahl von Geoprodukten, die unterhalb der Fundationsschicht eingelegt wurden. Der Untergrund wies CBR-Werte von 1 bis 8% auf. Dies entspricht den Tragfähigkeitsklassen  $S_0$ ,  $S_1$  und  $S_2$  gemäss SN 640 317b der VSS: «Dimensionierung; Untergrund und Unterbau». Belastet

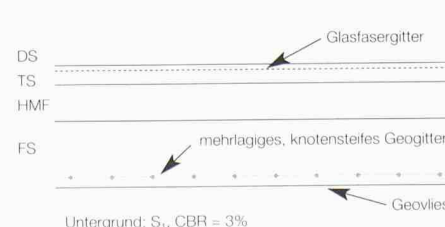
wurde die Versuchstrecke mit einem normiertem Lastwagen des Gewichts von 10 äquivalenten Achslasten AEL à 80 kN nach ASSHTO (Bild 5 und 6).

Die Resultate der Untersuchung ergaben, dass jedes Produkt eine Verminderung der Setzungen zur Folge hat. Das Ausmass der Verbesserung kann in einem Wirksamkeitsfaktor ausgedrückt werden (Bild 7). Mehrlagige, knotensteife Geogitter aus Polypropylen mit einer Zugfestigkeit von 30 kN/m oder mehr zeigen die be-

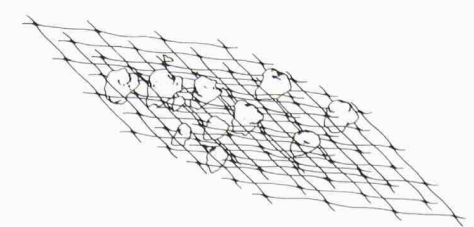
10  
Verkehrsverbesserung eines zweilagigen, knotensteifen Geogitters



11  
Aufbau Sanierung Bernstrasse, Zollikofen



12  
Mehrlagiges, knotensteifes Geogitter



Im Bereich  $S_0$ , wo  $CBR < 3\%$  ist, wird der Verbesserungseffekt sogar noch ausgeprägter. Mit anderen Worten heisst es, dass das Geogitter eine Kieseinsparung von bis zu  $\frac{1}{3}$  der Fundationsschichtstärke mit derselben Rillentiefenentwicklung ermöglicht. Wir sind also heute in der Lage, den Einfluss der Geogitter in die Tragfähigkeitsbemessung zu implementieren.

### Anwendung

In den Anwendungsforschungen für das knotensteife mehrschichtige Geogitter mit Zugfestigkeiten in Querrichtung von 20, 30 und 55 kN/m wurde festgestellt, dass ein unter der Fundationsschicht liegendes Geogitter anderen Platzierungsmöglichkeiten - z.B. dem Einlegen von zwei Lagen mit je halber Reisskraft in der Mitte und unten - eindeutig vorzuziehen ist.

Die Gebrauchsdauer des Belags kann zudem mit dem konstruktiven Einlegen eines Asphaltbewehrungsgitters aus Glasfasern um den Faktor 2 bis 3 verlängert werden.

Das optimale Asphaltbewehrungsprodukt nach heutigem Stand der Technik ist das selbsthaftende Glasfasergitter mit polymermodifizierter Umhüllung, das 4 bis 5 cm unter der Deckschicht eingelegt wird. Glasfasergitter besitzen extrem hohe Festigkeiten von 100 bis 200 kN/m mit minimaler Höchstzugkraftdehnung (unter 5%) und dienen der Verhinderung der Rissebildung im Belag und auch der Verzögerung der Spurrillenbildung (Bild 11).

### Schlussfolgerungen

Bei geogitterstabilisierten Strassen- und Bahnkörpern spielen nebst der Zugfestigkeit des Geogitters folgende Aspekte bezüglich Interaktion Boden/Geogitter eine grosse Rolle:

- Verzahnung Bodenkörner/Geogitter
- Der Rohstoff Polypropylen mit einem für den Oberbau günstigen E-Modul
- Knotensteife Verbindung der Quer- und Längsrippen. Eine Knotensteifigkeit liegt vor, wenn die Knotenfestigkeit bis zu 90% der Zugfestigkeit entspricht
- Mehrlagige Angriffsfläche, z.B.  $n = 5$  (Bild 12).

Die hier veröffentlichten Angaben widerspiegeln einen Trend. Für jedes Projekt müssen die Verformungen neu abgeschätzt oder berechnet werden, weil sie vom Gesamtaufbau (d.h. Untergrund, Fundationsschicht, HMF, Deck- und Tragschicht) bzw. von der Belastung abhängig sind.

Forschungsergebnisse aus Feld- und Laborversuchen und Erfahrungen aus der Praxis geben uns die Sicherheit, dass ein mit mehrlagigem, knotensteifem Geogitter stabilisierter Oberbau, kombiniert mit dem selbsthaftenden Asphaltgitter für Ressourceneinsparungen und eine um den Faktor 1,5 bis 3 verlängerte Gebrauchsdauer die optimale Lösung ist.

Adresse der Verfasser:

Balazs Fonyó, dipl. Bauing. ETH, Geotechniker,  
Hans Rudolf von Känel, dipl. Bauing. HTL, Sytec  
Bausysteme AG, Niederwangen

### Literatur

[1]

Montanelli, Zhao, Rimoldi: Geosynthetic-Reinforced Pavement System: Testing & Design, Geosynthetics 1997

[2]

Cancelli, Montanelli: In-Ground Test for Geosynthetic Reinforced Flexible Paved Road, Geosynthetics 1999, Boston