Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 117 (1999)
Heft: 20

Artikel: Unter- und Oberbaubewehrung mit Geogittern
Autor: Fonyo, Balazs / Känel, Hans Rudolf von
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-79736

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 31.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Balazs Fonyo und Hans Rudolf von Känel, Niederwangen

Unter- und Oberbaubewehrung mit Geogittern

Auf sehr gering bis mittel tragfähigem Untergund bietet sich im Strassen- und Bahnbau die geogitterbewehrte Bauweise an. Die elastische Verstärkung des Oberbaus mit knotensteifen 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 Trasseen 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

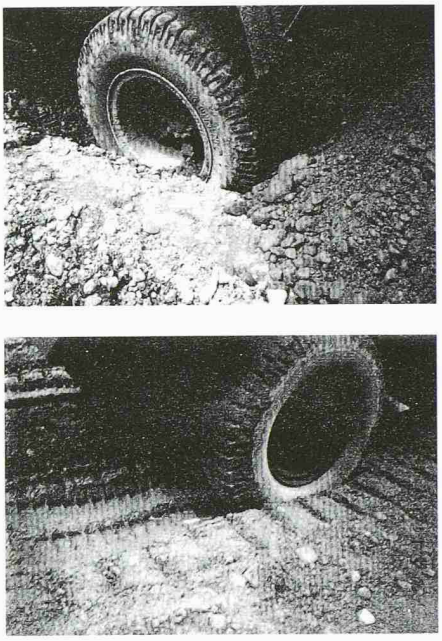
- Bei sehr gering bis gering tragfähigen, mächtigen oder oberflächennahen Schichten geht es in erster Linie um die technische Einbring- und Verdichtbarkeit in der Ausführung ohne grossen Materialersatz (Bild 1).
- Ein sparsamer Umgang mit erstklassigen Materialien, wie Kiessand, Bitumen und Zement sollte 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

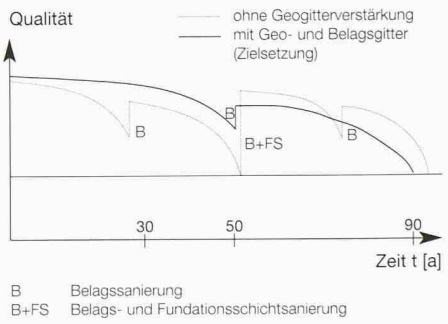
Unter Strassen und Schienen wirken statische und dynamische Einwirkungen. Die dynamischen, konzentriert angreifenden Lasten sind mit ihren schwer erfassbaren Effekten hauptsächlich für die differentiellen Verformungen verantwortlich, die sich im leicht zusammendrückbaren Untergund ereignen.

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



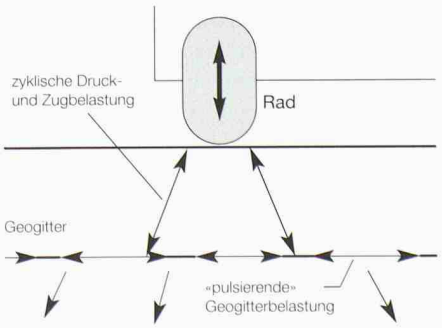
1
Oben: Schütten auf schlechtem Baugrund, unten: mit Geogitterstabilisierung auf schlechtem Baugrund



B Belagssanierung
B+FS Belags- und Fundationsschichtsanierung

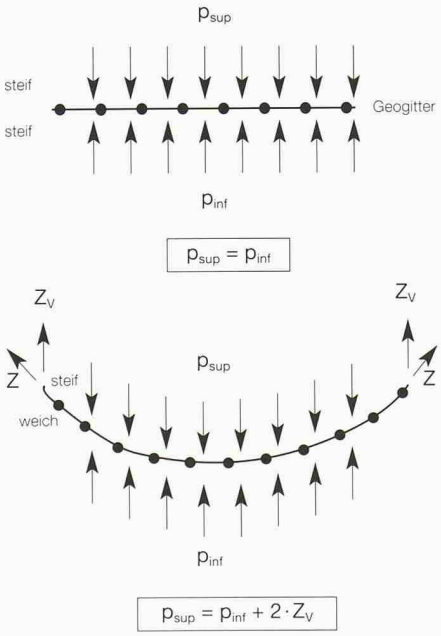
2
Zielsetzung: Gebrauchsdauer-Szenarien

3
Lastabtragung mit Geogittern: flacherer Ausbreitungswinkel vermindert die punktuelle Belastung

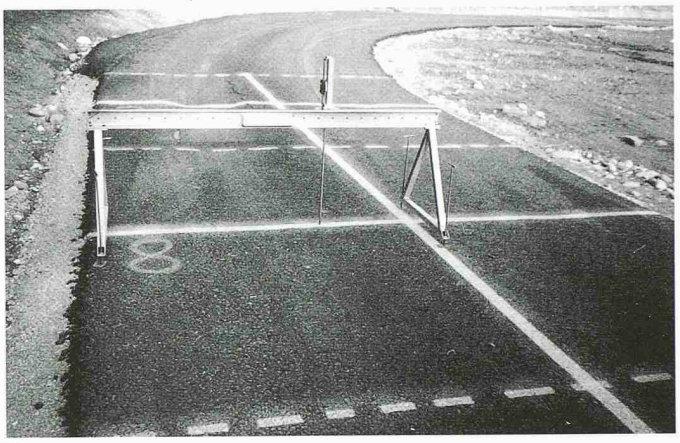


vertikalen, zyklischen Belastung grösser als diejenige einer statischen Last.

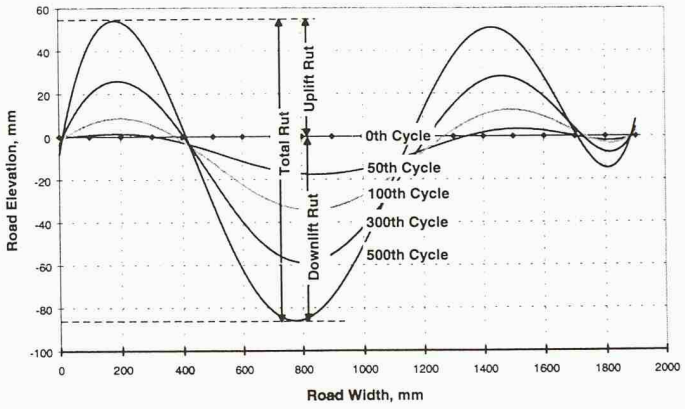
Die Horizontalkomponente unter einer konzentrierten Last, wie dies z.B. eine Radlast ist, wird nun vom Geogitter aufgenommen, das in geringer Tiefe unter der Belastung liegt (0,4 bis 0,8 m). Unter der Strasse bzw. Bahnlinie herrschen in den Geogitterlagen zum grössten Teil pulsierende, zyklische Zugspannungen (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 Voraussetzung für eine erfolgreiche Boden-Geogitter-Zusammenwirkung.



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



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



6
Typische Setzungsmulde

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.

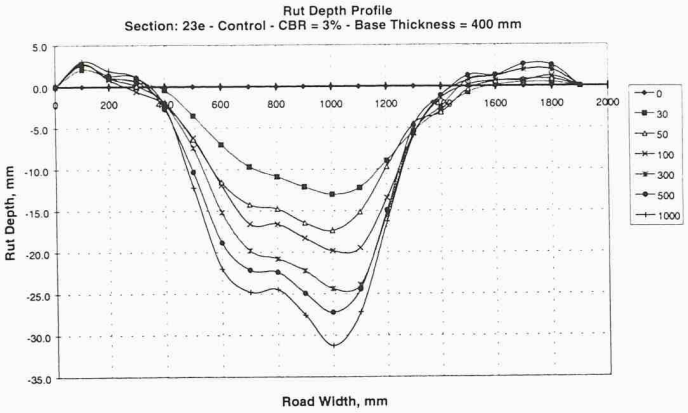
Im von oben gleichmässig belasteten System steif-steif erfährt das Geogitter keine Kräfte. Im steif-weichen Aufbau hingegen verformt sich das Geogitter wie in der Seilstatik, übernimmt einen Anteil der oberen, gleichmässig verteilten Lasten und gibt sie weiter aussen ab (Bild 4).

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.

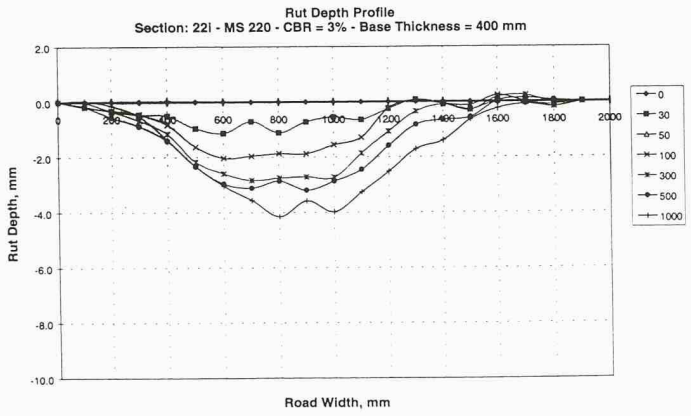
7
Wirksamkeit von Geoprodukten. Untergrund CBR = 3%, FS = 400 mm, Belag 75 mm [2]

	Nichts (Kontroll-querschnitt)	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
Wirksamkeits-faktor	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, knotensteifem Geogitter armierter Querschnitt (0 bis 1000 Durchfahrten)

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 Untergund 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 besten 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.

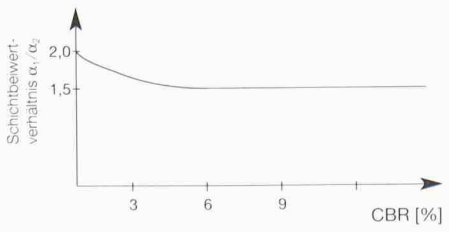
Da der Zerstörungseffekt mit der Geogitterbewehrung kleiner ist, wurde die Oberbauformel für den Stärkeindex gemäss ASSHTO folgendermassen modifiziert [1]:

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

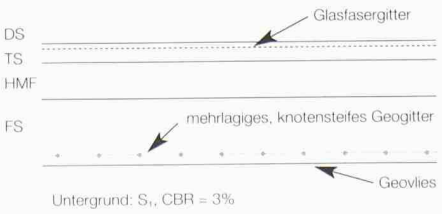
SN:	Stärkeindex
a_i:	Materialkoeffizient
a_2:	Materialkoeffizient Kiessand 0.44
d_i:	Schichtstärke
d_2:	Schichtstärke Kiessand
(α_1/α_2):	Schichtbeiwertverhältnis für knotensteife, zweilagige Geogitter

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

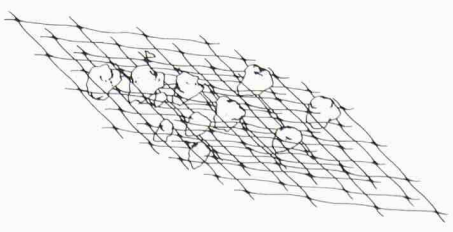
10
Verkehrsverbesserung eines zweilagigen, knotensteifen Geogitters



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 ⅓ 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 Höchstzugkraftdehung (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 Fonyo, 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