

IVG.

Geokunststoffe,
immer ein guter Grund.

Straßen- und Wegebau mit Geogittern Sicher, wirtschaftlich, umweltfreundlich



Vorwort

Geokunststoffe werden in vielen Anwendungsbereichen eingesetzt, z. B. im Straßen- und Eisenbahnbau, Wasserbau, Erd- und Grundbau und Deponebau. Mit ihrer hochwertigen Qualität und Langlebigkeit sind sie heute fester Bestandteil vieler anspruchsvoller Projekte, insbesondere wo es um Ökonomie und Ökologie geht.

Im Industrieverband Geokunststoffe (IVG) haben sich aktuell 13 namhafte deutsche und internationale Firmen zusammengeschlossen, die Geokunststoffe für den Baubereich entwickeln, herstellen und vertreiben. Der IVG setzt sich auf nationaler und internationaler Ebene intensiv für verbindliche Standards ein. Als Kompetenzzentrum bündelt er die Aktivitäten und kommuniziert die einzigartigen Produkteigenschaften von Geokunststoffen:

- gleichbleibend hohe, industriell gefertigte Qualität
- leistungsstarke und langlebige Produkte
- ökonomisch und ökologisch unverzichtbar
- sicheres und innovatives Bauen mit vielen Gestaltungsmöglichkeiten.

Ein Beispiel für die Aktivitäten ist das ivg.Produktzertifikat. Der IVG und die Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) haben gemeinsam Richtlinien für die Prüfung und Zertifizierung von Geokunststoffen entwickelt. Nur Produkte, die diese freiwillige Überwachung durchlaufen, erhalten das ivg.Produktzertifikat und dürfen das ivg.Produktqualitätszeichen „Güteüberwachung Geokunststoffe“ tragen. Das Verfahren gilt als Nachweis einer gleichwertigen, freiwilligen Überwachung nach ZTV E-StB 2009 und macht die Baustoffeingangsprüfung (BEP) überflüssig. Diese Vorgehensweise war notwendig, da seit 2002 die Produktkennwerte infolge der CE-Kennzeichnung vom Hersteller selbst festgestellt werden, ohne dass ein unabhängiges Institut die Werte überprüfen muss. Die ZTV E-StB 2009 fordert aber, dass eine BEP grundsätzlich durchgeführt werden muss. Eine Öffnungsklausel erlaubt Herstellern und Händlern jedoch, den Nachweis einer anerkannten Fremdüberwachung (FÜ) zu erbringen, die die spätere BEP durch den Auftragnehmer (Bauunternehmer) überflüssig macht. Damit behindert die BEP den Bauablauf nicht und der finanzielle und zeitliche Prüfaufwand wird erheblich reduziert.

IVG.

Ein anderes Beispiel für die IVG-Aktivitäten ist diese Broschüre „Straßen- und Wegebau mit Geogittern“. Sie behandelt nur Geogitter für die Tragschichtbewehrung/-stabilisierung. Selbstverständlich erfüllen auch andere Geokunststoffe, z. B. Vliesstoffe, Drainageprodukte oder Gewebe, wichtige Aufgaben, auf die hier jedoch nicht näher eingegangen wird.

Das Potential geogitterbewehrter bzw. -stabilisierter Schüttlagen im Hinblick auf eine Verbesserung der Gebrauchstauglichkeit wird bis heute nicht ausgeschöpft. Schwachstellen in der Bettung des Oberbaus sind immer auch die Schadstellen von morgen im teuren Oberbau. Jede Konstruktion sollte das Prinzip der von unten nach oben zunehmenden Steifigkeit befolgen. Gerade beim Bau von Verkehrsflächen auf weichen Untergründen zeichnen sich geogitterbewehrte bzw. -stabilisierte Tragschichten durch ein langfristig elastisches und großflächig homogenes Verformungs- und Tragverhalten aus. Sehr steife und spröde Baugrundverbesserungen neigen demgegenüber zu lokalen Bruch- und Rissbildungen. Damit sind elastische, geogitterbewehrte bzw. -stabilisierte Aufbauten bei weichen Untergründen immer die erste Wahl – aus ökonomischen und ökologischen Gründen.

Wir hoffen, dass Ihnen diese Broschüre die Bauweise mit Geogittern näher bringt und die Vorteile verdeutlicht. Sie wurde durch die „Arbeitsgruppe Geogitter“ im IVG erstellt. Wir sind dankbar für Fragen und Hinweise. Bitte richten Sie diese direkt an den IVG. Wir wünschen Ihnen viel Spaß beim Lesen.

Zusammenfassung

Geokunststoffe im Allgemeinen und Geogitter im Besonderen gewinnen in den letzten Jahren an Bedeutung für den Erd- und Grundbau. Insbesondere bei der Bewehrung von Tragschichten auf gering tragfähigen Untergründen sind Geogitter nicht mehr wegzudenken. Sie lösen schnell und einfach auch schwierigste Anforderungen, wie z. B. die Sicherstellung der Begehrbarkeit von sehr weichen, schlammigen Untergründen, um diese anschließend dauerhaft überbauen oder sichern zu können. Geogitter sind einfach zu verlegen, witterungsunabhängig, dauerhaft und ermöglichen ein besseres Verdichtungsverhältnis. Die industriell gefertigten Produkte unterliegen strengen Qualitätsanforderungen, die dazu beitragen, den häufig schwer definierbaren Baustoff „Boden“ zu beherrschen. Langjährige Erfahrungen und empirische Untersuchungen ermöglichen mittlerweile die verifizierte Bemessung geogitterbewehrter Aufbauten.

Inhalt

| | |
|--|----|
| 1. Geogitter – was ist das? | 1 |
| 2. Anwendungsgebiete | 2 |
| 3. Entwicklungsgeschichte der Geokunststoffe | 3 |
| 4. Bewehren und Stabilisieren ungebundener Tragschichten | 5 |
| 4.1 Untergrund | 6 |
| 4.2 Tragschichtmaterial | 8 |
| 4.3 Geogitter und Verbundverhalten | 10 |
| 4.4 Bemessung | 13 |
| 4.4.1 E_{V2} -Methode | 14 |
| 4.4.2 Baustraßenmethode | 15 |
| 5. Ausführung | 16 |
| 5.1 Witterung | 17 |
| 5.2 Verdichtung | 17 |
| 5.3 Qualitätssicherung | 18 |
| 5.3.1 Qualitätssicherung am Produkt | 18 |
| 5.3.2 Qualitätssicherung am Projekt | 19 |
| 6. Regelwerke und Normen | 20 |
| 7. Geogitter: Wirtschaftliche und ökologische Bauweise | 20 |
| 7.1 Ökologie: Geogitter mit hoher Nachhaltigkeit | 21 |
| 7.2 Ökonomie: Geogitter rechnen sich | 23 |
| Anhang A: Systemvergleich | 24 |
| Anhang B: Literatur | 25 |

1. Geogitter – was ist das?

Geogitter gehören zu den Geokunststoffen und werden zur Bewehrung von Böden eingesetzt. Sie bestehen vollständig oder zu einem wesentlichen Teil aus polymeren Werkstoffen. Geogitter werden mit vordefinierten mechanischen Eigenschaften industriell produziert und als Rollenware auf die Baustelle geliefert. Dort werden sie durch einfaches Ausrollen auf einem vorbereiteten Planum flächig verlegt.

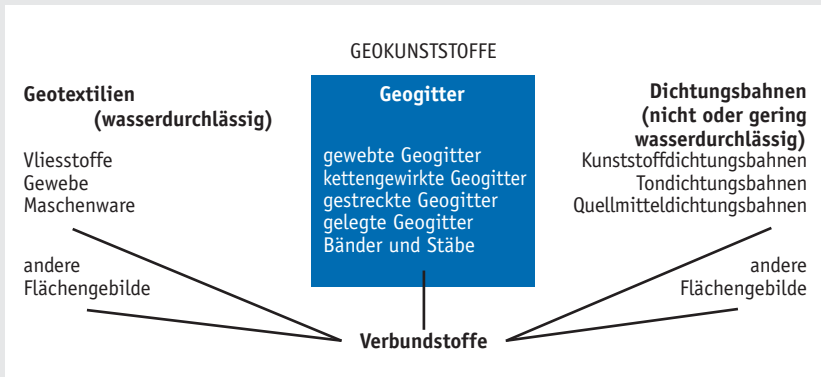


Abb. 1 Geogitter nach M Geok E

Innerhalb der Produktgruppe Geokunststoffe bilden die Geogitter eine eigene Hauptgruppe (siehe Abb. 1). Kennzeichnend ist, dass sie die Wasserdurchlässigkeit des umgebenden Bodens nicht negativ beeinflussen. Sie bewehren den umgebenden Boden, verbessern damit die mechanischen Eigenschaften und wirken mit dem Boden im Verbund zusammen. Bänder und Stäbe gelten nicht als Geogitter, da sie nicht als gleichflächige Bewehrungen, sondern nur als singuläre Verankerungselemente wirken.

Die bewehrende Wirkung der Geogitter wird am häufigsten im Straßen- und Verkehrswegebau genutzt.

Die Definition von Geogittern gemäß M Geok E lautet: „Geogitter sind aus synthetischen Fasern, Garnen oder aus Kunststoffen hergestellte Gitterstrukturen mit Öffnungsweiten über 10 mm“. Die z. Zt. gebräuchlichsten Rohstoffe sind in alphabetischer Reihenfolge:

- **Aramid (AR)**
- **Polyamid (PA)**
- **Polyester (PET)**
- **Polyethylen (PE)**
- **Polypropylen (PP)**
- **Polyvinylalkohol (PVA)**

Geogitter zur Bewehrung ungebundener Schüttungen bestehen meist aus PP, PET oder PVA.

Durch die industrielle Fertigung unterliegen Geogitter keinen natürlichen Schwankungen und haben gesicherte Materialkennwerte. Die Werte werden nach international harmonisierten und standardisierten Prüfungen bestimmt. Die Produktion von CE- und IVG-zertifizierten Produkten unterliegt sowohl einer Eigen- als auch einer Fremdüberwachung, siehe Abschnitt 5.2 und 5.3.

2. Anwendungsgebiete

Geogitter werden heute in vielen Anwendungen des Tiefbaus zur Bewehrung eingesetzt. Die wesentlichen sind:

- die Bewehrung und ggf. Stabilisierung von ungebundenen Tragschichten
- die Bewehrung von Steilböschungen, Stützkonstruktionen und Brückenwiderlagern
- die Gründung von Verkehrswegen auf weichen oder bruchgefährdeten Untergründen, z. T. in Kombination mit Baugrundverbesserungen und Pfahlgruppen
- die Asphaltbewehrung

Der größte Anwendungsbereich ist dabei die Bewehrung ungebundener Tragschichten beim Bau von:

- Straßen- und Parkflächen
- Hallensolehnen und Logistikflächen
- Baustraßen und Arbeitsebenen
- Bahntrassen
- ländlichen Wegen
- Rohrleitungen

Diese Broschüre widmet sich im Wesentlichen der Bewehrung ungebundener Tragschichten und gibt einen ersten Überblick über die Einsatzmöglichkeiten. Die Bemessung und Dimensionierung der anderen Anwendungsbereiche von Geogittern wird z.T. durch die EBGEO oder durch das Arbeitspapier Nr. 69 der FGSV (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Asphaltbewehrung) geregelt.



Abb. 2 Erdpyramide (Ziggurat Aqar Quf) im Irak mit Bewehrungslagen aus Papyrus

3. Entwicklungsgeschichte der Geokunststoffe

Die Uridee „Bewehrung mit Gittern“ hatten bereits die alten Perser. Sie stellten wahrscheinlich aus Papyrus eine Art Gitter her, mit dem sie den Kern mächtiger Erdpyramiden (Ziggurat Aqar Quf) – als Turmbau zu Babel weltbekannt – stabilisierten. Die Reste davon können heute noch am Euphrat besichtigt werden. Sie belegen eindrucksvoll das Verhalten eines monolithischen (einheitlich aus einem Stück) Bauwerks, das vor allem durch äußere Erosion, weniger durch einen Bruch der Kernstruktur, gezeichnet ist.



Abb. 3 Die „Urídee“ der Bewehrung von Böden in der Erdpyramide Ziggurat Aqar Quf

Mit der Entwicklung synthetischer Polymere in den 60er Jahren wurde diese Kulturtechnik – sicherlich eine der ältesten der Menschheit – wieder aufgegriffen. Die Nutzung definierbarer Rohstoffe kann die alten Techniken verfeinern. Die Qualität der Systeme, die heute im Markt angeboten werden, ist das Ergebnis jahrzehntelanger Forschung, Entwicklung und Erfahrung. Mit der technischen Möglichkeit, die Materialeigenschaften gezielt zu steuern, begann der Einsatz von Geokunststoffen als Ergänzung zu den traditionellen Baulösungen und -systemen.

Vor allem im Wasserbau wurden zunächst Gewebe und Vliesstoffe eingesetzt. Mit dem Bau eines Deiches am Rüstersieler Watt gelang 1963 eine Pionierleistung: Nicht nur der Einsatz großformatiger, sandgefüllter Nylon-Container sorgte für Aufsehen, sondern auch die Nutzung von Geokunststoff-Geweben zur Sicherstellung der Standsicherheit der Deichsohle. Seit den 70er Jahren etablierten sich Geokunststoffe auch im Erd-, Straßen- und Bahnbau (Abb. 4). Für viele Aufgabenstellungen sind Geokunststoffe heute die wirtschaftlichste und bautechnisch sinnvollste Variante. Dabei werden sie auch im Verbund mit konventionellen Bauweisen und Baustoffen wie Beton oder Asphalt eingesetzt, um alle Komponenten möglichst effektiv zu nutzen. Wie beim bewehrten Beton der Stahl können beim bewehrten Boden Geogitter die technischen Eigenschaften erheblich verbessern. Sie nehmen Zug- und Schubkräfte auf und stützen Kornstrukturen.

Mittlerweile sind bewehrte Erdbauwerke und bewehrte Schüttungen im Straßen- und Eisenbahnbau Stand der Technik.



Abb. 4 Verlegung von Geokunststoff zur Stabilisierung der Bodengrenzschichten im Bahnbau, 1972

Geokunststoffe haben sich permanent den Anforderungen angepasst und insbesondere seit etwa dem Jahr 2000 deutlich weiterentwickelt. Heute stehen der Bautechnik Produkte zur Verfügung, die speziell für bestimmte Anforderungen entwickelt und hergestellt werden. Im Straßen- und Verkehrswegebau sind dies vorwiegend Geogitter als bewehrende Elemente.

4. Bewehren und Stabilisieren ungebundener Tragschichten

Alleine in Deutschland werden jedes Jahr mehrere Millionen Quadratmeter Geogitter als Bewehrung ungebundener Tragschichten und Schüttungen eingebaut. Aufgabe des Geogitters ist, eine Schicht so tragfähig zu machen, dass sie einer bestimmten Belastung – temporär oder dauerhaft – standhält. Tragfähige Schichten werden im Tief- und Hochbau regelmäßig benötigt, insbesondere im Verkehrswegebau.

Hierbei ist zu beachten, dass für die Tragfähigkeit mehrere Faktoren zusammenspielen:

- Tragfähigkeit des Untergrunds
- Art und Schichtdicke des Tragschichtmaterials
- Leistungsfähigkeit des Geogitters
- Art, Dauer und Größe der Belastung

Die Zeit spielt eine wesentliche Rolle. Bei temporären Maßnahmen sind die Anforderungen meist geringer als z. B. im qualifizierten Straßenbau oder bei hoch belasteten Logistikflächen. Manche Hersteller bieten mittlerweile produktspezifische Bemessungsansätze an, die den konkreten Anforderungen Rechnung tragen.

4.1 Untergrund

Die ausreichende Tragfähigkeit des Untergrunds ist eine der wesentlichen und oft unterschätzten Voraussetzungen für eine leistungsfähige Verkehrsfläche. Oft ist die ausreichende Tragfähigkeit des Untergrunds nicht gegeben, sodass Geogitter die darüber angeordneten Tragschichten verstärken oder diese mit größerer Schichtmächtigkeit ausgeführt werden müssen. Für die Abwägung der erforderlichen Maßnahmen muss die Tragfähigkeit des Untergrunds realistisch eingeschätzt werden. In der Regel stehen Bodengutachten zur Verfügung, aus denen auf die Tragfähigkeiten des Planums geschlossen werden kann. Weitaus hilfreicher für die Bemessung sind die vorhandenen Tragfähigkeiten auf dem Planum (E_{V2} -Wert), gemessen durch (statische und/oder dynamische) Plattendruckversuche oder auch als CBR-Wert. Auch c_u -Werte oder Ergebnisse von Rammsondierungen sind für die Bemessung aussagekräftig.

Eine In-situ-Bestimmung ist jedoch nicht immer möglich oder gewollt. Für solche Fälle kann der E_{V2} -Wert nach Tabelle 1 näherungsweise bestimmt werden. Die planmäßige Entwässerung und die Beruhigung des Untergrunds infolge abnehmender Bautätigkeit lässt die Tragfähigkeit mittelfristig ansteigen. Zur Abschätzung der zu erwartenden Tragfähigkeit kann die Richtlinie 836 (Ril 836) aus dem Bahnbau herangezogen werden, bei der unter Berücksichtigung der Entwässerungsbedingungen (hydrologischer Fall) ein Berechnungsmodul E_H ermittelt wird.

| Boden- gruppe | I _p | W _L | I _c | | | | |
|------------------|----------------|----------------|----------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | | | 0 - 0.5 | 0.5 - 0.75 | 0.75 - 1.0 | > 1.0 | >> 1.0 |
| | % | % | breiig | weich | steif | halbfest | fest |
| TA | ≥ 7 | > 50 | - | E _{V2} ≈ 5 | E _{V2} ≈ 10 | E _{V2} ≈ 15 | E _{V2} ≈ 20 |
| TM | ≥ 7 | 35 – 50 | - | E _{V2} ≈ 5 | E _{V2} ≈ 15 | E _{V2} ≈ 15 | E _{V2} ≈ 20 |
| TL | ≥ 7 | ≤ 35 | - | E _{V2} ≈ 5 | E _{V2} ≈ 10 | E _{V2} ≈ 20 | E _{V2} ≈ 20 |
| UM | ≤ 4 | 35 – 50 | - | E _{V2} ≈ 5 | E _{V2} ≈ 10 | E _{V2} ≈ 15 | E _{V2} ≈ 20 |
| UL | ≤ 4 | ≤ 35 | - | E _{V2} ≈ 10 | E _{V2} ≈ 15 | E _{V2} ≈ 15 | E _{V2} ≈ 20 |

Tab. 1 Angenäherte Verformungsmodul E_{V2} (MN/m²) für einzelne Bodengruppen des anstehenden Bodens (d.h. E_{V2} ≡ E_U) in Abhängigkeit von Plastizitätszahl I_p, Fließgrenze w_L und Konsistenzzahl I_c nach FLOSS

| Bodenklassifikation | | Zusatzbedingung Kornanteil d < 0,1 mm | Berechnungsmodul E _H in MN/m ² bei hydrologischem Fall nach Tab. 3 | | | | |
|---|-------------------------------|--|---|------|----|------|----|
| | | | 1 | 1/2 | 2 | 2/3 | 3 |
| schluffige oder tonige Kiese (GU, GT) | | 10 bis 20 % | 60 | 45 | 30 | 25 | 20 |
| schluffige oder tonige Sande (SU, ST) | | 10 bis 20 % | 50 | 35 | 25 | 22,5 | 20 |
| stark schluffige oder stark tonige Kiese bzw. Sande (GU*, GT*, SU*, ST*) | | 20 bis 30 % | 40 | 30 | 20 | 17,5 | 15 |
| | | > 30 % | 30 | 20 | 15 | 10 | 10 |
| Schluffe und Tone | leicht plastisch (UL, TL) | | 25 | 20 | 15 | 10 | 10 |
| | mittelpastisch (UM, TM) | | 25 | 20 | 15 | 12,5 | 10 |
| | ausgeprägt plastisch (UA, TA) | | 20 | 17,5 | 15 | 12,5 | 10 |

Tab. 2 Richtgrößen für den Berechnungsmodul E_H (E_{V2}) in Anlehnung an Ril 836 (Tragfähigkeit des Erdplanums)

| Fall | Wasserabfluss | Wasseranreicherung bis 1,5 m unter Fahrbahnoberkante | I _c |
|------|---------------|--|----------------|
| 1 | ungehindert | auch im Frühjahr keine Durchfeuchtung | ≥ 1,0 |
| 2 | zögernd | zeitweilige Durchfeuchtung | 0,75 - 1,0 |
| 3 | kein Abfluss | ständige Durchfeuchtung | < 0,75 |

Tab. 3 Hydrologischer Fall zur Ermittlung des Berechnungsmoduls E_H in Anlehnung an Ril 836

Beispiel: Bei verzögerten Entwässerungsbedingungen des Planums (Fall 2 nach Tabelle 3) ergibt sich für die Bodengruppen GU, GT*, SU*, ST* nach Tabelle 2 ein Berechnungsmodul von 15 bis 20 MN/m². Dieser kann dann als Berechnungswert der Bemessung zugrunde gelegt werden.*

Die Bestimmung von Wassergehalten, Proctordichten, Zustandsgrenzen, Korngrößenverteilungen, Korndichten sowie organischer und chemischer Bestandteile des Untergrunds ist bei der Geogitterbauweise – im Gegensatz zu Bauweisen, bei denen die Böden aufbereitet werden müssen (Bodenverbesserung und -verfestigung) – i.d.R. nicht notwendig.

4.2 Tragschichtmaterial

Die Tragschicht als „Druckzone“ einer bewehrten Schicht nimmt die Lasten an ihrer Oberfläche unmittelbar auf und muss sie im Zusammenspiel mit dem Geogitter vergleichmäßig und verringert an den Untergrund weiterleiten. Um eine hohe Effektivität des Gesamtaufbaus zu erreichen, sollte das Tragschichtmaterial eine geeignete Kornverteilung und Kornfestigkeit aufweisen.

Zielführend ist der Einsatz von Kies- oder Schottertragschichten, z. B. nach ZTV SoB-StB 04 in den Kornverteilungen 0/32 mm bis 0/56 mm. Die Kornverteilung sollte weit gestuft sein, das Größtkorn ist möglichst auf rund 120 mm zu begrenzen.

Ungebundene Tragschichten stützen im Randbereich oft nicht vollflächig, so dass ungleichmäßige Spannungszustände auftreten können. Es sollten daher vorzugsweise Kiestragschichten mit einem hohen Anteil an gebrochenem oder teilgebrochenem Korn bzw. Schottertragschichten eingesetzt werden. Der Einsatz von Grobschlag oder Kornverteilungen mit Ausfallkörnungen führt erfahrungsgemäß nicht zu einer Verbesserung des Systemverhaltens.

Wesentlich sind eine hohe Kornstabilität sowie ein geringer Feinkornanteil nach der Verdichtung ($d < 0,063 \text{ mm} < 5 \text{ Massen-\%}$). Nach entsprechender Eignungsprüfung und Probebau kann gegebenenfalls auch Beton-Recycling (Eignungsprüfung z. B. nach TL RC-ToB 95) eingesetzt werden.

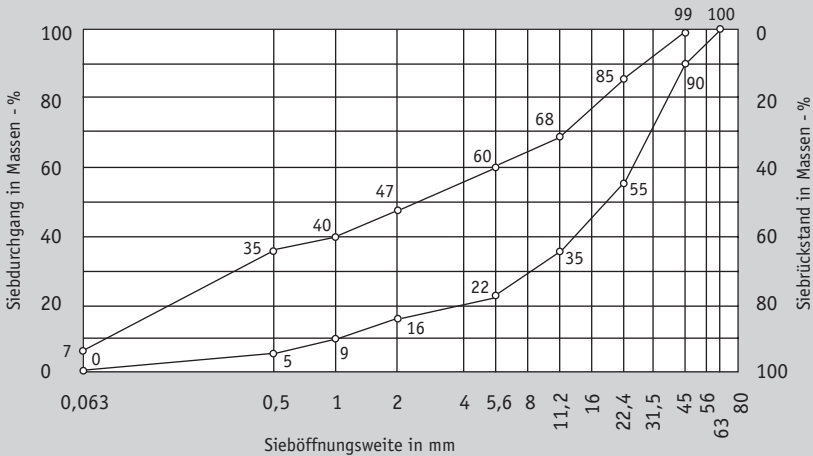


Abb. 5 Kornverteilung nach TL SoB-StB 04 als ideale Kies- oder Schottertragschicht für Geogitter

4.3 Geogitter und Verbundverhalten

Geogitter bewehren ungebundene mineralische Schichten. Wird als Schüttmaterial ein gut abgestuftes Korngemisch gewählt (siehe 4.2), verzahnt es sich mit der offenen Geogitterstruktur.



Abb. 6 Geogitter im Verbund zur Tragschicht

Im Zusammenspiel zwischen Geogitter und Tragschicht ergibt sich durch die Zugkraftaufnahme und die Stützung des Korngerüsts eine Versteifung der Tragschicht. Allgemeingültige Aussagen zur Leistungsfähigkeit eines Geogitters lassen sich am besten am Verbundverhalten Geogitter-Boden darstellen. Die bodenmechanischen Kennwerte wie Reibungswinkel, Kohäsion und Steifemodul einer bewehrten Schüttung werden, verglichen mit den Kennwerten des Tragschichtmaterials, signifikant verbessert:

- Der Reibungswinkel des Verbundwerkstoffs wird bereits bei kleiner seitlicher Stützung gegenüber dem Ausgangswert des Tragschichtmaterials um ca. 50 % erhöht.
- Bei größeren Seitendrücken kann dem Verbundwerkstoff eine Ersatzkohäsion zugeordnet werden.
- Die Steifigkeit, ausgedrückt als E-Modul, erhöht sich deutlich, d.h. bei gleichen Lasten treten kleinere Verformungen auf.

Im Übergang von mittleren zu großen Verformungen, also bei beginnender Auflockerung des Korngerüsts, leistet die Geogitterbewehrung einen entscheidenden Beitrag zur Erhaltung der Tragfähigkeit: Verformte und

stark aufgelockerte Zonen werden durch geogitterbewehrte Zugzonen unterstützt und zusammengehalten, die Lasten werden in angrenzende Bereiche des Systems umgelagert. Gegenüber spröden Bauweisen - wie z. B. einer Bindemittelverfestigung - bilden sich daher bei geogitterbewehrten Systemen keine lokalen Schwächezonen.

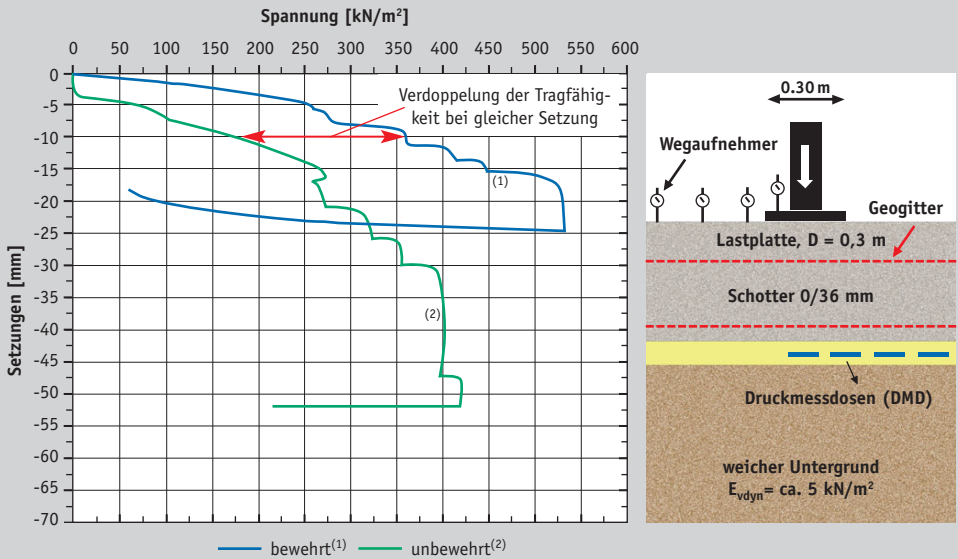


Abb. 7 Last-Verformungskurve einer bewehrten und unbewehrten Tragschicht auf weichem Untergrund ($E_{v2} = 5 \text{ MN/m}^2$)

Exemplarisch zeigen Versuche diese Effekte (MEYER & EMERSLEBEN, 2007): Es ergeben sich geringere Verformungen und es können größere Lasten aufgebracht werden (Abb. 7). Die Geogitter-Bewehrung dämpft die Lasten und lagert sie zu den Seiten hin um (Abb. 8).

Diese Effekte zeigen sich schon im Bauzustand: Die Einlage eines Geogitters konzentriert die Verdichtungsenergie in der Tragschicht, weniger Energie geht verloren. Das Tragschichtmaterial lässt sich effektiver verdichten. Eine ausreichend und homogen verdichtete Tragschicht wiederum ist Voraussetzung für eine gleichmäßige Verteilung der Verkehrslasten auf dem Untergrund.

Ein zusätzlicher Vliesstoff als Trennschicht verhindert dauerhaft die Vermischung von Boden und Tragschichtmaterial und sichert somit deren Eigenschaften.

Die bewehrende Wirkung der Geogitter erhöht die Tragfähigkeit und verbessert die Gebrauchstauglichkeit der Verkehrsflächen. Folgende Ziele können mit einer Geogitterbewehrung unter Verkehr erreicht werden:

- Die Schichtmächtigkeit der befahrenen Schüttung wird bei gleicher Last reduziert.
- Die Verformungen und die Tiefe der Spurrinnen werden minimiert.
- Bei gleicher Lastübergangszahl verlängert sich die Nutzungsdauer.
- Zulassung höherer Achslasten bei gleicher Schichtmächtigkeit des Aufbaus.
- Die Schichtmächtigkeit eines evtl. erforderlichen Bodenaustauschs wird verringert oder entfällt ganz.
- Lokale Schwachstellen werden überbrückt und auftretende Setzungs- oder Tragfähigkeitsunterschiede werden ausgeglichen.
- Bei sehr weichem Untergrund ermöglicht die Geokunststoffbewehrung überhaupt erst eine Begehrbarkeit/Befahrbarkeit.
- Lokale Kornumlagerungen infolge von Wechsellasten durch Spurverkehr werden reduziert, was die Gebrauchstauglichkeit der Verkehrsflächen langfristig positiv beeinflusst.

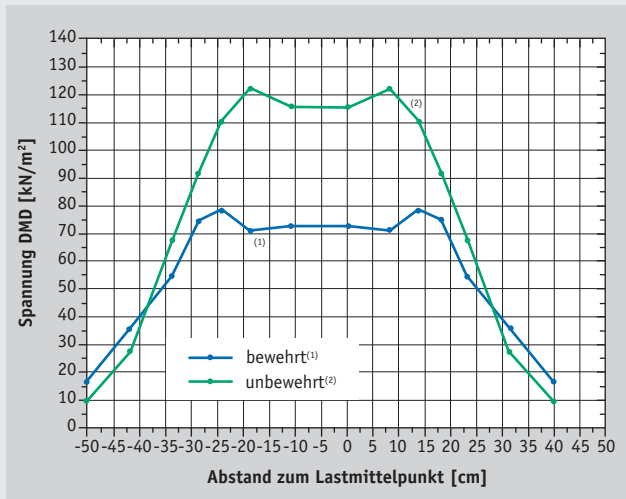


Abb. 8 Spannungsverteilung unterhalb einer bewehrten bzw. unbewehrten Schottertragschicht

4.4 Bemessung

Für den Einsatz und die Anwendung von Geogittern gibt es neben Hinweisen, Merkblättern und Richtlinien bereits seit den 1980er Jahren die ersten Bemessungsgrundlagen. Die Bemessungsverfahren wurden seitdem verfeinert und liefern heute aussagekräftige Ergebnisse. Um Tragschichten dimensionieren zu können, wurden neben theoretisch-rechnerischen Ansätzen viele Feld- und Laborversuche sowie Ergebnisse von Bauvorhaben ausgewertet. Auf dieser empirischen und numerischen Basis wurden produktspezifische Bemessungsdiagramme aufgestellt. Sie erlauben die Berücksichtigung makroskopischer Effekte wie Verzahnung zwischen Schüttmaterial und Geogitter, Geogittersteifigkeit und Zugkraft-Dehnungscharakteristik bei entsprechenden Verformungen.

Drei generelle Wirkungsweisen haben sich herauskristallisiert:

- Membranspannungswirkung
- Verzahnungswirkung
- Kombination aus den beiden oben genannten Wirkungsweisen

Für das Bemessungsverfahren gibt es heute zwei Methoden:

- **Tragfähigkeit: E_{V2} - Methode (4.4.1)**

Bemessung und Dimensionierung, um einen vorgegebenen E_{V2} -Wert auf Oberkante ungebundene Tragschicht oder auf anderen definierten Zwischenschichten (Frostschuttschicht, Ersatzplanum etc.) zu erreichen.

- **Verformung: Baustraßenmethode (4.4.2)**

Bemessung eines Verkehrsflächenaufbaus, um eine für das Verkehrsaufkommen ausreichend standfeste Oberfläche mit für die Gebrauchstauglichkeit akzeptablen Verformungen zu erreichen.

Bei extremen Beanspruchungen (z. B. Baustraßen auf weichem Untergrund mit größeren Verformungen) wird im Einzelfall der Einsatz einer zweiten Bewehrungslage empfohlen. Diese optimiert die Aussteifung der Tragschichten, verbessert die erreichbaren E_{V2} -Werte und das Verdichtungsverhältnis und reduziert die Verformungen unter der Gebrauchslast.

4.4.1 E_{V2} -Methode

Bei diesem Verfahren werden die Schichtstärken ermittelt, die erforderlich sind, um von vorgegebenen Tragfähigkeiten (Verformungsmodulen) auf gewünschte Endtragfähigkeiten auf der Oberkante der ungebundenen Tragschicht zu bemessen.

Die Endtragfähigkeiten können z. B. mit 45, 80, 100, 120 oder 150 MN/m² vorgegeben werden. Die durch Bemessungsnomogramme etc. standardisierte produktspezifische Bemessung liegt zwischen Untergrundtragfähigkeiten von ca. 10 MN/m² bis ca. 30 MN/m². Im Bereich < 10 MN/m² ist der Einsatz von geogitterbewehrten Tragschichten ebenso sinnvoll und wirkt aufgrund der spezifischen elastischen Eigenschaften zunehmend günstig, ist jedoch oft speziellen Entwurfskriterien unterworfen. Zudem fließen unterschiedliche Schüttstoffe bzw. Tragschichtmaterialien in die Bemessung ein. Das Bemessungsergebnis (Schichtstärken des Schüttmaterials mit Einsatz eines Geogitters) kann dann unbewehrten Tragschichtmächtigkeiten gegenübergestellt und die Wirtschaftlichkeit verglichen werden. Die Ergebnisse fallen je nach Art, Wirkung und Leistungsfähigkeit des Geogitters unterschiedlich aus. Abb. 9 stellt exemplarische Bemessungsergebnisse für bewehrte und unbewehrte Aufbauten vergleichend gegenüber.

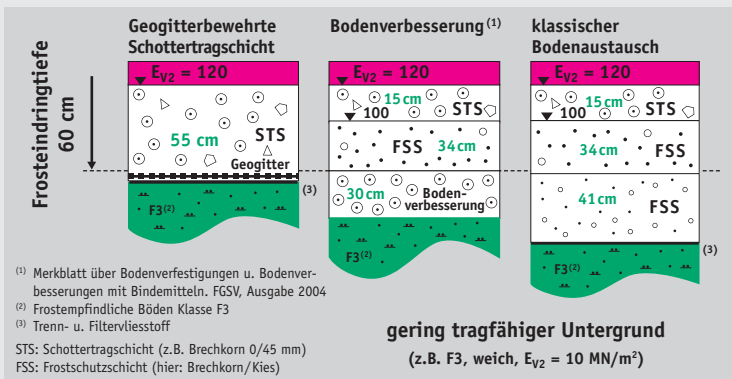


Abb. 9 Gegenüberstellung möglicher Aufbauvarianten am Beispiel der Anforderungswerte einer ständig genutzten Parkplatzfläche mit gelegentlichem Schwerverkehr

4.4.2 Baustraßenmethode

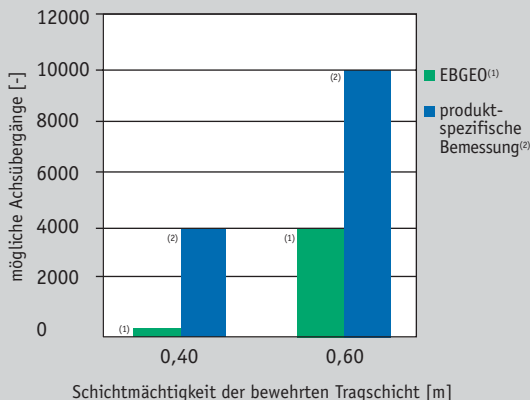
Ziel der Bemessung nach dieser Methode ist eine Verkehrsfläche, die den angesetzten Verkehr (Bauverkehr, temporärer Verkehr etc.) schadfrei aufnehmen kann. Der Nachweis der Gebrauchstauglichkeit wird hier nicht über Verformungsmodule, sondern über die Befahrbarkeit und Verformung geführt. Eingangswert ist die Untergrundtragfähigkeit, bemessen wird die erforderliche Schichtmächtigkeit der Schüttung.

Die Verformungen in Form von Spurrinnen, die je nach Anwendung (z. B. Baustraße oder Wirtschaftsweg) akzeptabel sein sollen, werden in der Bemessung berücksichtigt. Gängig sind verschiedene Bemessungsmöglichkeiten. Die EBGEO (Bemessung durch Membranspannungstheorie) lässt in ihren Bemessungsdiagrammen Spurrinnen von 7,5–10 cm zu. Da die EBGEO für alle Bewehrungsprodukte gültig ist, sind die erforderlichen Tragschichtmächtigkeiten entsprechend konservativ ausgelegt. Eine signifikant wirtschaftlichere Bemessung als nach EBGEO ist möglich unter Berücksichtigung der speziellen Geogittereigenschaften und der Verbundwirkung Geogitter-Boden sowie über Erfahrungswerte und Untersuchungen verifizierter Bemessungen. Eine vergleichende Bemessung nach Diagrammen für drei verschiedene Geogitter ergab bei gleichen Eingangsbedingungen ($c_u = 45 \text{ kN/m}^2$) für 4000 Überfahrten eine Schichtstärke, die nach EBGEO (allgemeingültig für Bewehrungsprodukte ohne verifizierte Bemessung) bereits für 400 Überfahrten notwendig würde. Die Gegenüber-

stellung der Bemessungsergebnisse verdeutlicht die Wirtschaftlichkeit der Nutzung produktspezifischer Bemessungsdiagramme. Abbildung 10 zeigt die deutlich größere zulässige Belastung bzw. Achslastanzahl der bewehrten Tragschichtaufbauten am Beispiel einer produktspezifischen Bemessung.

Abb. 10

Gegenüberstellung möglicher Achsübergänge nach EBGEO und nach einem produktspezifischen Bemessungsdiagramm bei einer undrained Scherfestigkeit des Untergrunds von $c_u = 45 \text{ kN/m}^2$



Die EBGEO geht von Achslasten von 10 t bei Spurrinnen von 7,5 - 10 cm aus. Die tatsächlichen Anwendungsbereiche gehen deutlich darüber hinaus und werden projektspezifisch von den Geogitterherstellern betrachtet und entsprechend bemessen. Bei sehr großen Flächen kann eine Aufteilung in Teilflächen und deren Einzelbemessung sinnvoll sein. Da die einzubauenden Schichtstärken den Gegebenheiten und Unterschieden im Baufeld schnell und einfach angepasst werden können, sind oft erhebliche Materialeinsparungen zu realisieren.



Abb. 11 Einfache Abrollvorrichtungen für den Geogitterzuschnitt auf der Baustelle

5. Ausführung

Geogitter werden als Rollenware auf der Baustelle angeliefert, abgeladen und gelagert. Die Produkte können platzsparend gestapelt werden und sind werkseitig – falls erforderlich – witterungsgeschützt verpackt. Auf der Baustelle erfolgt der Transport der Rollen mit üblichem Baugerät, z. B. Radladern. Einfache Baubehelfe, z. B. Abrollvorrichtungen (Abb. 11), sind bei Bedarf schnell und kostengünstig herstellbar, aber nicht zwingend er-

forderlich. Die Verlegung der Geogitter und das passgerechte Zuschneiden vor Ort erfolgt von Hand mit einfachen Werkzeugen und unabhängig von permanenter Energie- oder Wasserversorgung. Ausführliche Verlegeanleitungen der Hersteller helfen im Vorfeld bei der Abschätzung des Verlegeaufwandes und sorgen so für Planungs- und Kalkulationssicherheit. Aus dem Bauverfahren ergibt sich ein unmittelbarer wirtschaftlicher Nutzen:

- Die einfache Handhabung der Geogitter ermöglicht einen schnellen Baufortschritt.
- Der Einbau von Geogittern erfolgt weitgehend witterungsunabhängig.

Beschränkungen ergeben sich erst, wenn der Einbau und die Verdichtung der Schüttgüter witterungsbedingt eingestellt werden müssen. Die nachfolgenden Anmerkungen vertiefen einige Aspekte der Bauausführung.

5.1 Witterung

Bei gleichbleibenden Witterungsverhältnissen wird in der Regel keine Änderung der bemessenen Schichtstärken und des festgelegten Geogitters erforderlich.

Ergeben sich bauzeitlich durch starke Witterungsschwankungen und damit gegenüber den Bemessungsannahmen veränderte Bodenparameter, kann die Bemessung schnell überprüft und angepasst werden. Änderungen des Bauverfahrens, der erforderlichen Schüttmaterialien oder des Maschinenparks werden i.d.R. nicht erforderlich. Veränderte Bodenparameter ergeben sich häufig durch unterschiedliche Baugrundverhältnisse im Beprobungs- und Ausführungszeitraum oder durch ein unzureichend geschütztes Planum bei Starkregen. Auch ein verfrühter Wintereinbruch oder späte Frosttage sind typische Gründe für gegenüber der Bemessung abweichende Randbedingungen und Bodenparameter.

Hilfreich sind z. B. einige mit dem leichten Fallgewicht durchgeführte Kontrollversuche, um die veränderten Randbedingungen zu erfassen und die Bemessung schnell zu überprüfen. Aufwändige, langfristige und auch teure Nachuntersuchungen des Bodens können meist entfallen, da nur die Tragfähigkeit als wesentlicher Eingangsparameter herangezogen wird.

Der Einbau von Geogittern ist witterungsunabhängig. Solange der Boden oder das Schüttmaterial verarbeitet werden können, kann auch eine Geogitterbewehrung verarbeitet werden. Es gibt keine Temperaturgrenzen. Auch Einschränkungen durch Regen, Schnee, Sonne etc., die z. B. bei Bodenbehandlungen die Arbeit unterbrechen oder den Prüfaufwand erhöhen können, sind beim Einsatz von Geogittern auf ein Minimum reduziert.

5.2 Verdichtung

Die Verdichtung bzw. Prüfung der verdichteten Schichten erfolgen genauso wie bei Bauweisen ohne Geogittereinlagen. Die jeweiligen Vorschriften (ZTVE, ZTVT etc.) gelten uneingeschränkt. Auf Geogittern eingebaute Schüttungen und Tragschichten lassen sich i.d.R. mit allen auf dem Markt gängigen Verdichtungsgeräten befahren und verdichten.

Die Verdichtungsenergie sollte auf die Schichtmächtigkeit der Schüttung eingestellt und begrenzt werden. Eine unnötige Einwirkung auf den Untergrund wird so vermieden. Das Geogitter wirkt als Gegenkraft zur eingetragenen Verdichtungsenergie. Eine Störung des Untergrunds durch die Anregung und das Hochpumpen von Porenwasser wird verhindert, so dass eine Verringerung der Tragfähigkeit (Änderung des Bemessungseingangswerts) nur minimal auftritt.

In vielen Bauprojekten verdichten oszillierende Verdichtungsgeräte deutlich besser als einfache, vibrierende Verdichtungsgeräte. Der Einsatz von Geogittern erhöht nicht nur die Tragfähigkeit des Gesamtsystems, sondern auch erheblich die erreichbare Verdichtungsleistung in der entsprechenden Schicht. Dies zeigt sich in signifikant besseren Verhältniswerten der Verdichtung E_{V2}/E_{V1} . Die bewehrte Tragschicht reagiert im Wiederbelastungsbereich nahezu elastisch.

5.3 Qualitätssicherung

Die Qualitätssicherung bei der Bauweise mit Geogittern erfolgt zweifach: am Produkt selbst und am fertiggestellten Projekt durch das Messen der erreichten Tragfähigkeiten.

5.3.1 Qualitätssicherung am Produkt

Seit 2002 gilt in Europa die CE-Kennzeichnung für Geokunststoffe, geregelt u.a. in den Normen DIN EN 13249, 13250 und 13251. Sie legen – je nach Anwendungsbereich – für definierte Kennwerte eine einheitliche Prüftechnik fest und fordern die Einhaltung von Fertigungstoleranzen durch die Hersteller. Diese Normen regeln jedoch nicht die Eignung von Produkten für die konkrete Anwendung. Zweck der CE-Kennzeichnung ist der freie Warenverkehr innerhalb Europas. Dies bedeutet auch, dass Geokunststoffe ohne CE-Kennzeichnung nicht in den Verkehr gebracht werden dürfen. Um sicherzustellen, dass tatsächlich auch die angebotenen und der Bemessung zugrunde liegenden Produkte zum Einsatz kommen, schreibt die ZTVE-StB 09 unter Kapitel 3.3.4 eine Baustoffeingangsprüfung vor, es sei denn, es wird eine durch die Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) akzeptierte Form der Produktzertifizierung nachgewiesen.

Diese führt z. B. der IVG in Zusammenarbeit mit akkreditierten Prüfinstitutionen durch. Kernstück der Zertifizierung ist die Fremdüberwachung der Produkte. Zweimal jährlich nehmen die akkreditierten Prüfinstitutionen Muster von jedem zertifizierten Produkt und untersuchen es auf bestimmte Eigenschaften. Dies garantiert ein Höchstmaß an Qualität und Sicherheit. Weitere Informationen zur IVG-Zertifizierung und eine Liste der zertifizierten Produkte finden Sie unter:

<http://www.ivgeokunststoffe.de/ivg-produktzertifikate>

5.3.2 Qualitätssicherung am Projekt

Die Qualitätssicherung bei der Verwendung von Geogittern zur Tragfähigkeitserhöhung ist denkbar einfach.

Planum/Untergrund:

Auf dem Planum werden zunächst an gleichen Stellen vergleichende statische und dynamische Plattendruckversuche durchgeführt. Aus den Ergebnissen wird der projektbezogene Umrechnungsfaktor zwischen dynamischen zu statischen Modulen ermittelt. Mit der sehr einfach zu bedienenden dynamischen Fallplatte kann im Regelfall anschließend das Baufeld großflächig analysiert werden. Durch die schnelle und großflächige Überprüfung mit der dynamischen Fallplatte können lokale Schwachstellen im Untergrund erkannt und räumlich eingegrenzt werden. Die Bemessung der bewehrten Schüttlagen erfolgt dann für die ermittelten Projektrandbedingungen, wobei die Gesamtfläche ggf. in Teilflächen mit unterschiedlichen Bemessungssituationen differenziert werden kann.

Tragschicht:

Nach Einbau von Geogitter und Schüttgut kann in der gleichen Weise wie oben beschrieben die erreichte Tragfähigkeit überprüft werden. Die Qualitätskontrolle erfolgt großflächig durch eine zeitnahe Prüfung nach dem Einbau der Schüttlagen. Vorteilhaft ist dieses besonders, um Verdichtungsleistungen minimieren oder anpassen zu können, um optimale Verdichtungsergebnisse zu erreichen. Die Absolutwerte der Tragfähigkeit steigen - wie bei unbewehrten Tragschichten - mit zunehmender Liege- und Ruhezeit an. Abnahmeprüfungen können daher ggf. zeitverzögert vorgenommen werden. Die entsprechenden Prüfintervalle etc. sind z. B. der ZTVE zu entnehmen.

6. Regelwerke und Normen

Mittlerweile sind bewehrte Erdbauwerke oder Tragschichten des Straßen- und Eisenbahnbaus Stand der Technik. Wie im stahlbewehrten Beton können auch beim bewehrten Boden die Kräfte aufnehmenden Geogitter die technischen Eigenschaften des Bodens erheblich verbessern.

Die Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V. (DGGT) hat bereits 1988 mit der zunehmenden Bedeutung der Geokunststoffe eine eigene Fachsektion „Kunststoffe in der Geotechnik“ gegründet, die von Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Rudolf Floss bis 2005 geleitet wurde. Seit 2006 leitet Univ.-Prof. Dr.-Ing. Martin Ziegler die Fachsektion.

Das Eisenbahnbundesamt (EBA), die Bundesanstalt für Wasserbau (BAW), die Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) und die Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) beschäftigen sich seit Jahrzehnten mit dem Einsatz von Geokunststoffen. Für die jeweiligen Zuständigkeitsbereiche wurden Prüfverfahren und vertraglich bindende Lieferbedingungen entwickelt, für das EBA und die BAW auch eigene Zulassungsbedingungen. Das Deutsche Institut für Normung (DIN) und das Europäische Normungskomitee CEN haben zahlreiche Produkt- und Anwendungsnormen erarbeitet, die verbindlich eingeführt wurden und z. T. europaweite Gültigkeit besitzen. Im Anhang B sind einige der für Geogitter wesentlichen Empfehlungen, Richtlinien und Normen zusammengestellt.

7. Geogitter: Wirtschaftliche und ökologische Bauweise

Geogitter werden in Deutschland seit den 70er Jahren erfolgreich eingesetzt und sind in vielen Anwendungsbereichen fester Bestandteil der Regelbauweisen.

In Extremfällen ermöglichen Geogitter überhaupt erst eine Begehung oder Befahrung von Untergründen, die ohne sie nicht sicher möglich wäre. Ohne Geogitter würden in Deutschland heute noch tausende Hektar offener Schlamm- und Spülflächen des Altbergbaus Mensch, Tier und Umwelt gefährden.

Mit Geogittern bewehrte, ungebundene Schüttungen und Tragschichten sind:

- witterungsunabhängig ausführbar
- ressourcenschonend
- überall einsetzbar, unabhängig von den Bodenverhältnissen
- durch die einfache Verlegetechnik schnell herstellbar
- sofort befahrbar
- setzungsvergleichmäßigend
- emissionsarm
- wirtschaftlich
- dauerhaft

7.1 Ökologie: Geogitter mit hoher Nachhaltigkeit

Die Nachhaltigkeit von Bauweisen ist in unserer globalisierten Welt mehr als schönes Beiwerk zu den technischen Eigenschaften. Sie wird hoffentlich schon in den nächsten Jahren in die Wertung von Angeboten einfließen. Bauweisen, die wenig Energie verbrauchen, sind wirtschaftlicher als energieintensive Varianten. Sie schonen Ressourcen und sichern langfristig die Geokunststoff-Wettbewerbsfähigkeit und Lebensgrundlagen.

Am Beispiel einer Kreisstraße im Raum Aachen lässt sich über den kumulierten Energieaufwand (KEA) ein einfacher Vergleich erstellen (siehe Abb. 12). Gegenüber herkömmlichen Untergrundverbesserungen, hier im Vergleich Einfräsen von Feinkalk, wird bei der Stabilisierung der Tragschicht durch ein Geogitter signifikant weniger Energie verbraucht. (Anmerkung: KEA - Kumulierter Energieaufwand - Energiebilanz eines Produktes oder einer Bauweise von der Gewinnung der Rohstoffe, über den Transport, die Verarbeitung und die Nutzung bis zur Entsorgung)

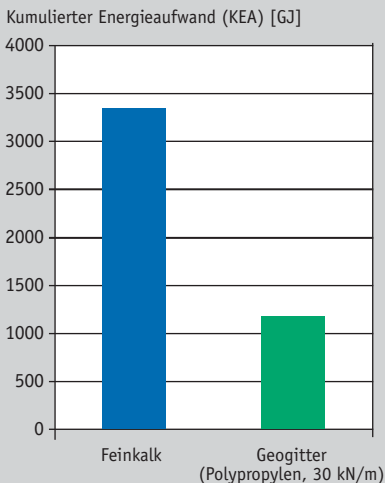


Abb. 12 Kumulierter Energieaufwand bei einer Bauweise mit einer kalk- bzw. einer geogitterbewehrten Untergrundverbesserung im Vergleich (Beispiel Kreisstraße K34, Kreis Aachen, 2008; aus EGLOFFSTEIN (2009))

Neben dem Energieeinsatz entscheiden die Emissionen von Bauweisen über eine nachhaltige, umweltfreundliche und klimaschonende Bewertung. Für das o.g. Beispiel der Kreisstraße zeigt Abb. 13 die CO₂-Emissionen. Obwohl das Geogitter aus einem energieintensiven Rohstoff hergestellt und dabei anteilig viel CO₂ freigesetzt wird, ist die Gesamtbilanz für den geogitterbewehrten Aufbau eindeutig vorteilhaft und insgesamt mit ausgesprochen niedrigen Emissionen verbunden.

Wenn CO₂-Emissionen vielen Menschen auch noch abstrakt vorkommen mögen: Spätestens die geringen Transporte zur Anlieferung der Geogitter, der stark reduzierte Baulärm und entfallende Belästigungen durch gesundheitsschädliche Staubverwehungen sind Pluspunkte auf der Emissionsseite der Geogitter. Die Anwohner der umliegenden Gemeinden werden es Ihnen danken.

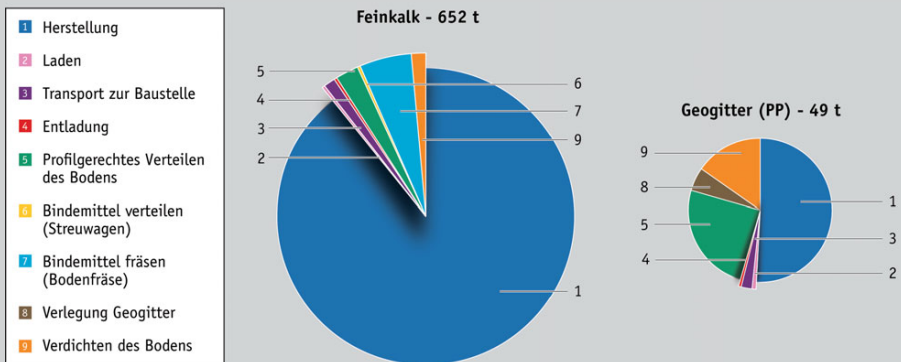


Abb. 13 Kumulierte CO₂-Emissionen einer Untergrundverbesserung mit Feinkalk und Geogitterbewehrung im Vergleich (Beispiel Kreisstraße K34, Kreis Aachen, 2008; aus EGLÖFFSTEIN (2009))

7.2 Ökonomie: Geogitter rechnen sich

Ökologische Erwägungen treten bei akut leeren Haushaltskassen oft in den Hintergrund. Der Zwang zum Sparen ist allgegenwärtig. Sollen ökologische Vorteile genutzt werden, müssen die entsprechenden Bauweisen idealerweise mindestens ebenso günstig wie andere Bauweisen sein. Abb. 14 stellt für das in 7.1 ökologisch bewertete Beispiel verschiedene Ausbauprodukte unter wirtschaftlichen Aspekten als Relativwerte gegenüber.

Bei richtiger Kombination der Baustoffe erreichen geogitterbewehrte Bauweisen einen deutlichen Kostenvorteil gegenüber dem althergebrachten Verfahren des einfachen Bodenaustausches. Aber auch zu anderen Lösungen, z. B. Bodenverbesserung, fallen keine höheren Kosten an. Die baubetrieblichen Vorteile der Geogitter wie weitgehende Witterungsunabhängigkeit, Anpassungsfähigkeit bei lokal schwankenden Untergrundtragfähigkeiten, geringe Materialkosten und leichte Rückbaubarkeit schlagen im Kostenvergleich voll durch, wenn die Unwägbarkeiten monetär bewertet werden. Geogitter bieten also ökologische Vorteile und schonen die Kassen.

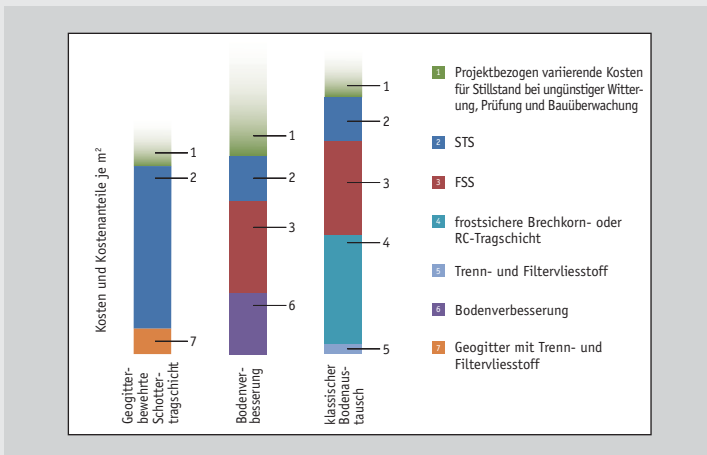


Abb. 14 Kosten einer Untergrundverbesserung und Kostenanteile der Baustoffe an der Bauleistung analog zu den Aufbauten nach Abb. 9

Anhang A: Systemvergleich

| Eigenschaft/ Systemverhalten | Bodenaustausch/ Grobschottergerüst | Bindemittelstabilisierung | Geogitterbewehrte Tragschicht |
|---------------------------------|---------------------------------------|---------------------------|-------------------------------|
|---------------------------------|---------------------------------------|---------------------------|-------------------------------|

Kosten

| | | | |
|---------------------------|---|----|----------|
| Transportkosten | - | ++ | 0 ... ++ |
| Materialkosten | 0 | + | + |
| Geräte-/Energiekosten | - | 0 | 0 |
| Aushub-/Entsorgungskosten | - | ++ | + |

Umwelt

| | | | |
|--------------------------|----------------------|----|----|
| CO ₂ - Bilanz | 0 | -- | ++ |
| Lärm/Massentransporte | - | 0 | 0 |
| Feinstaub | 0 ... ⁽¹⁾ | -- | 0 |
| Gesundheitsgefährdung | + | -- | ++ |
| Umwelteinflüsse GW/Boden | 0 | - | + |

Eignung

| | | | |
|---|----|----------|----|
| Baustraße auf gering tragfähigem Untergrund ($c_u < 5 \text{ kN/m}^2$) | - | -- | ++ |
| Baustraße (temporär, ggf. Rückbau) auf gering tragfähigem Untergrund ($c_u > 5 \text{ kN/m}^2$) | 0 | - | ++ |
| Sanierung an angebauten Straßen | - | -- | ++ |
| Straßenneubau | ++ | - ... ++ | ++ |
| Böden mit organischen Bestandteilen | ++ | - | ++ |
| Böden mit silikatischen Bestandteilen | ++ | -- | ++ |

Technische Eigenschaften

| | | | |
|--------------------------------------|------------------|----|----|
| Setzungsreduzierung | ++ | 0 | 0 |
| Setzungsvergleichmäßigung | + | 0 | ++ |
| Rissemfindlichkeit | 0 | -- | + |
| Rissüberbrückung | 0 | -- | ++ |
| Tragfähigkeit (max. E_{v2} -Werte) | + ⁽²⁾ | ++ | + |
| dynamische Stabilität | + | 0 | + |

Baubetrieb

| | | | |
|---|----|----|----|
| Risiko witterungsbedingter Stillstand | + | -- | ++ |
| Möglichkeit einer kontinuierlichen Bauausführung/Anschlüsse | 0 | - | 0 |
| Aufwand QS | + | -- | ++ |
| Spezialgeräte/Subunternehmer | ++ | -- | ++ |

Unterhaltung

| | | | |
|-----------------------|---|----|---|
| Sanierung/Erweiterung | + | -- | + |
|-----------------------|---|----|---|

⁽¹⁾ Staubentwicklung abhängig vom Massentransport ⁽²⁾ nur bei tief greifendem Bodenaustausch

Anhang B: Literatur

DIN 1054, Ausgabe 2005-01. Grundbau – Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau

DIN EN 13249, Ausgabe 2005-04. Geotextilien und geotextilverwandte Produkte – Geforderte Eigenschaften für die Anwendung beim Bau von Straßen und sonstigen Verkehrsflächen

DIN EN 13250, Fassung 2005-04. Geotextilien und geotextilverwandte Produkte – Geforderte Eigenschaften für die Anwendung beim Eisenbahnbau

DIN EN 13251, Fassung 2005-04. Geotextilien und geotextilverwandte Produkte – Geforderte Eigenschaften für die Anwendung in Erd- und Grundbau sowie in Stützbauwerken

DIN EN 14475, Ausgabe 2006-04. Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau) – Bewehrte Schüttkörper. Berichtigung 2006-12 zu DIN EN 14475

EBGEO – Empfehlungen für den Entwurf und die Berechnung von Erdkörpern mit Bewehrungen aus Geokunststoffen. Deutsche Gesellschaft für Geotechnik, 2010

EGLOFFSTEIN, T. (2009): Bauverfahren mit mineralischen Baustoffen und Bindemitteln im ökologischen Vergleich mit dem Einsatz von Geokunststoffen. Geotechnik mit Geokunststoffen, 6. Geokunststoff-Kolloquium der NAUE GmbH & Co. KG, Januar 2009, S. 207-224

FGSV-Arbeitspapier Nr. 69, Ausgabe 2006. Verwendung von Vliesstoffen, Gittern und Verbundstoffen im Asphaltstraßenbau

FLOSS, R. (1971): Über den Zusammenhang zwischen Verdichtung und dem Verformungsmodul von Böden. Straße und Autobahn, Heft 10

FLOSS, R. (1973): Bodenmechanische Gesichtspunkte bei der Auswahl und Dimensionierung von Straßenbefestigungen. Straße und Autobahn, Heft 1

Merkblatt über Straßenbau auf wenig tragfähigem Untergrund. FGSV, Ausgabe 2010

MEYER, N.; EMERSLEBEN A. (2007): Lastverteilung durch geokunststoffbewehrte Schüttungen auf weichem Untergrund. Geotechnik mit Geokunststoffen, 5. Geokunststoff-Kolloquium der NAUE GmbH & Co. KG, Januar 2007, S. 63-71

MGeokE – Merkblatt für die Anwendung von Geokunststoffen im Erdbau des Straßenbaus. FGSV, Ausgabe 2005

Ril 836 – Erdbauwerke und sonstige geotechnische Bauwerke planen, bauen und instand halten. DB Netz AG, 2008

RStO 01 – Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen. FGSV, Ausgabe 2001

TL Geok E-StB 05 – Technische Lieferbedingungen für Geokunststoffe im Erdbau des Straßenbaus. FGSV, Ausgabe 2005

TL RC-ToB 95 – Technische Lieferbedingungen für Recycling-Baustoffe in Tragschichten ohne Bindemittel. FGSV, Ausgabe 1995

TL SoB-StB 04 – Technische Lieferbedingungen für Baustoffgemische und Böden zur Herstellung von Schichten ohne Bindemitteln im Straßenbau. FGSV, Ausgabe 2004/Fassung 2007

ZTV E-StB 09 – Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau. FGSV, Ausgabe 2009

ZTV LW 99/01 – Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für die Befestigung ländlicher Wege. FGSV, Ausgabe 1999/Fassung 2001 mit Änderungen und Ergänzungen Ausgabe 2007

ZTV SoB-StB 04 – Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau. FGSV, Ausgabe 2004

ZTV T-StB 95/02 – Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Tragschichten im Straßenbau. FGSV, Ausgabe 1995/Fassung 2002

ivg.

ivg.

Impressum:

IVG Industrieverband Geokunststoffe e.V.

Industrie Center Obernburg

63784 Obernburg

Tel. 06022/81 36 50

Fax 06022/81 36 59

E-Mail info@ivgeokunststoffe.de

Internet: www.ivgeokunststoffe.de

Diese Broschüre wurde bearbeitet von der Arbeitsgruppe Tragschichtbewehrung.

Der Inhalt dieser Broschüre berücksichtigt den Stand der Technik bei Redaktionsschluss. Jegliche Haftung ist ausgeschlossen.
© 2012 · Alle Rechte vorbehalten. · Status 06.06.2012