

Hinweise für die Baupreiskalkulation und Arbeitsvorbereitung von Erdbauleistungen beim Einsatz von Geokunststoffbewehrungen

- Prof. Dr.-Ing. Bernd Biedermann
- Dipl.-Ing. Andreas Elsing
- Dipl.-Ing. Max Nods

Ingenieurlösungen mit Geokunststoffen



Hinweise für die Baupreiskalkulation und Arbeitsvorbereitung von Erdbauleistungen beim Einsatz von Geokunststoffbewehrungen

Abstrakt:

Die Kalkulation von Erdbauleistungen wird neben den Aufwendungen für Beschaffung und Entsorgung von Bodenmassen ins Besondere von der Leistung und den Kosten der Baugeräte geprägt. Methodik und Hilfsmittel zur präzisen Ermittlung dieser Kosten sind weit verbreitet und gängige Praxis. Bei der Vorbereitung und Preisermittlung von Bauleistungen, bei denen Geokunststoffe und vor allem deren Verlegung kalkuliert werden müssen, werden jedoch häufig Potentiale für Kosteneinsparungen verschenkt.

Der vorliegende Artikel soll diese Potentiale aufzeigen und Anregungen für eine effektivere Kalkulation und Arbeitsvorbereitung liefern.

The calculation of earth works is usually governed by the cost for supply or disposal of soil as well as the cost for machinery. Methods and tools for the evaluation of these cost are available and very common. For the pricing of works which include the use of geosynthetics and especially its installation however high potential for cost reduction is often neglected. This article is intended to show these potentials and options for more effective pricing.

1. Einleitung

Die Kalkulation von Erdbauleistungen wird neben den Aufwendungen für Beschaffung und Entsorgung von Bodenmassen ins Besondere von einer zutreffenden Kalkulation der Baugeräteleistung und deren Kostenstruktur geprägt. Verfahren zur Ermittlung präziser Daten als Basis für eine erfolgreiche Kalkulation sind bekannt und hinlänglich dokumentiert, siehe z.B. Duic/Trapp [1], Meier [2], Keil/Martinsen [3], Kühn [4], Pietzsch/Rosenheinrich [5]. Zusätzlich werden Kalkulatoren und Bauleiter jedoch verstärkt mit dem Einsatz und der Kalkulation von Geokunststoffen konfrontiert. Obwohl Geokunststoffe bereits seit mehreren Jahrzehnten mit großem Erfolg und in großem Umfang eingesetzt werden, siehe z.B.

[6], umfangreiche Literatur Empfehlungen und Regelwerke zur Bemessung, Ausschreibung und Qualitätssicherung verfügbar sind, siehe z.B. [7] bis [13] sind ausreichende Kenntnisse über diesen Baustoff und seine vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten leider nicht selbstverständlich.



Bild 1. Geokunststoff-Verlegung am Rüstersieler Watt
Fig. 1. Geosynthetic installation at Rüstersieler Watt

Als Folge daraus erhält der Geokunststoff als Element der Baupreiskalkulation oftmals nicht den Stellenwert, der ihm gebührt, wird vernachlässigt oder sogar als „Spekulationsposition“ missbraucht. Besonders schwerwiegend ist dieser Umstand bei der Kalkulation von Projekten,

bei denen Geokunststoffe elementare Funktionen innerhalb eines Tragwerkes übernehmen und ein Ausfall zum Versagen des Bauwerkes führen könnte, z.B. Erdfallsicherung, Stützkonstruktion, etc..

Ohne Anspruch auf eine alle Aspekte vollständig umfassende Darstellung soll der vorliegende Aufsatz einerseits die Diskussion zu diesem Thema erstmalig öffentlich anregen, andererseits sollen allgemeingültige Hinweise und Tipps für eine effektivere Kalkulation gegeben werden.

2. Kostenmix

Ein Kalkulator unterscheidet Geokunststoffe bei vergleichbaren technischen Eigenschaften hauptsächlich durch ihren Preis und deren Lieferbedingungen. Weitergehende, in den bauvertragsrelevanten Regelwerken z.B. M Geok E [8] und TL Geok E-StB 05 [12] nicht genannte Unterscheidungsmerkmale wie z.B. Rollenmaße oder erforderlicher Aufwand für das Handling der Materialien, werden aufgrund mangelnder Erfahrung in diesem Bereich jedoch oft unterschätzt.

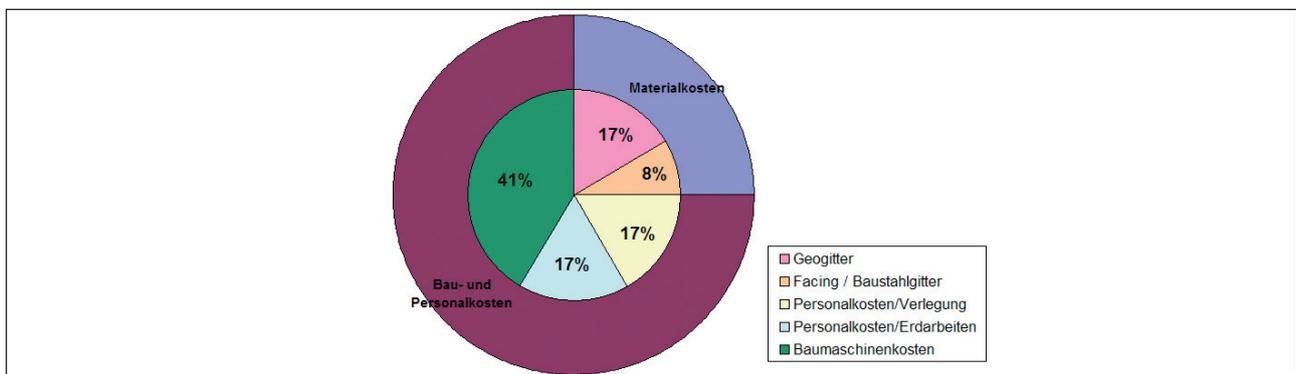


Bild 2. Kostenverteilung einer ausgeführten Geokunststoffbewehrten Stützkonstruktion
Fig. 2.costmix of an executed geosynthetic reinforced soil retaining structure

Abbildung 2 zeigt exemplarisch ein für die Kalkulation einer geokunststoffbewehrten Stützkonstruktion (KBE) typischen Kostenmix. Hierbei wurden einerseits reine Materialkosten andererseits Personal- und Gerätekosten unterschieden.

Unter der Voraussetzung, dass der Füllboden vom Auftraggeber gestellt wird, zeigt sich deutlich, dass die Kosten für die Verlegung der Geokunststoffe im Verhältnis zu den reinen Materialkosten einen hohen Stellenwert besitzen. Verzögerungen oder Erschwernisse bei der Verlegung der Geokunststoffe haben zudem Einfluss auf alle nachfolgende Tätigkeiten insbesondere Liefern, Einbauen und Verdichten des Füllbodens. Dies kann somit je nach Umfang und Struktur eines Bauvorhabens weitere nicht unerhebliche Geräte- oder Stillstandskosten nach sich ziehen.

Abbildung 3 zeigt den Einfluss einer geringeren Einbauleistung auf die Gesamtkosten einer KBE Konstruktion. In Säule 1 ist die normierte Gesamtkostenverteilung pro m₂ Ansichtsfläche dargestellt. Säule 2 demonstriert, dass bei nur 20 % weniger Tagesleistung die Gesamtkosten um ca. 16 % steigen. Säule 3 zeigt beispielhaft, dass 20 % geringere Gitterkosten die Gesamtkostensteigerung (Säule 2) bei weitem nicht ausgleichen kann.

Es wird deutlich, dass eine Reduzierung der Einbauleistung durch eine Kostenreduzierung der Geogitterkosten nicht kompensiert werden kann. Eine genauere Untersuchung der Einflussfaktoren auf den Verlegeaufwand im allgemeinen und im Vergleich von Produkten unterschiedlicher Hersteller ist lohnenswert.

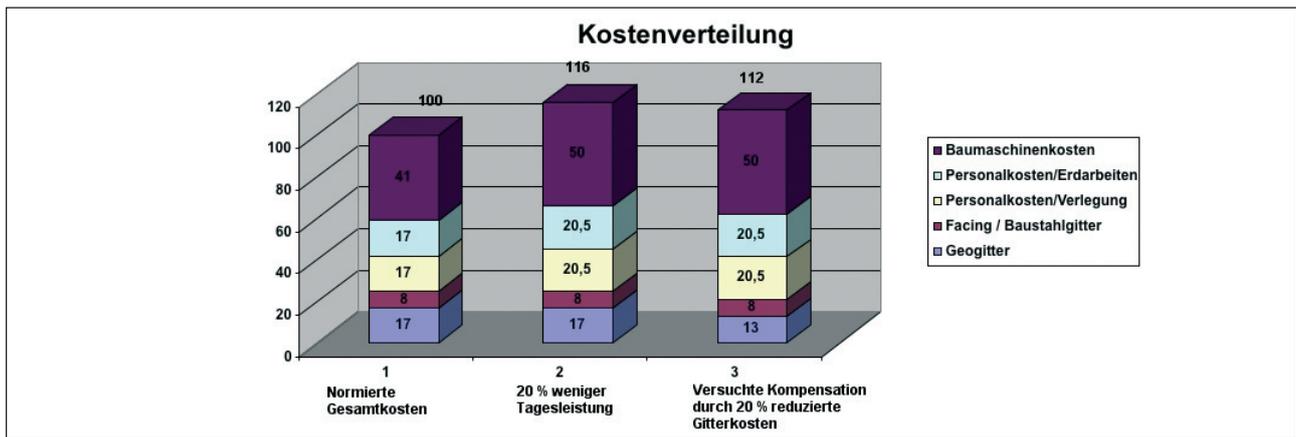


Bild 3. Normierte Gesamtkosten KBE pro m² Ansichtsfläche
 Fig. 3. Normalized total costs of a geosynthetic reinforced soil structure

3. Untersuchungen zur baupraktischen Handhabung von Geokunststoffen

Wie in Abschnitt 2 dargestellt wurde, können bereits geringe Unterschiede bei der Verlegeleistung von Geokunststoffen spürbare Kostenvor- bzw. Nachteile bewirken.

Im Gegensatz zur Bestimmung von Leistungskennzahlen der Baugeräte fällt die Bezifferung der Verlegeleistung von Geokunststoffen schwer. Die Beurteilung der baupraktischen Eignung eines Geokunststoffes, der s.g. „Baubarkeit“ und der damit verbundenen Verlegeleistung des Geokunststoffes kann weder theoretisch noch anhand von kleinformatigen Handmustern zutreffend demonstriert werden.

Um repräsentative Aussagen z.B. über das „Handling“ von unterschiedlichen Produkten treffen zu können, muss das Verhalten der Baustoffe unter realen Bedingungen untersucht werden. In Anlehnung an bekannte Vorgehensweisen bei der Ermittlung von Leistungskennzahlen für die Baukalkulation, wurde der Umgang mit zwei typischen Geogittern deshalb beim Bau einer Stützwand sowie bei der Herstellung einer Baustraße im Feldversuch beobachtet, dokumentiert und abschließend bewertet.

Sowohl die Planung als auch die Durchführung und Auswertung dieser Feldversuche erfolgte durch das Geotechnische Institut Prof. Dr. Biedermann, Würzburg [14].

3.1 Konzeption der Feldversuche

Mit Bezug auf die Grundlagen zur Durchführung von Arbeitszeitstudien nach REFA, Hoffmann/Kremer [15], erfolgte die Konzeption der Feldversuche mit dem Schwerpunkt auf der sog. Datenermittlung. Bei der Datenermittlung werden mit Hilfe unterschiedlicher Methoden der Zeitaufnahmetechnik Erkenntnisse der betrieblichen Abläufe gewonnen. Die gewonnenen Daten werden daran anschließend bewertet, um etwaige Optimierungen der Arbeitsvorgänge vornehmen zu können oder Arbeitszeit-Richtwerte festlegen zu können. Im Rahmen des vorgestellten Feldversuches wurde der Schwerpunkt jedoch weniger in einer alle Abläufe umfassenden Arbeitszeitstudie gelegt, vielmehr sollten zunächst die durch den Einsatz der Geokunststoffe bedingten Besonderheiten untersucht werden. Eine komplette Analyse des gesamten Arbeitsablaufes erfordert einen weitaus größeren Aufwand als dies im Rahmen eines ersten Feldversuches möglich war.

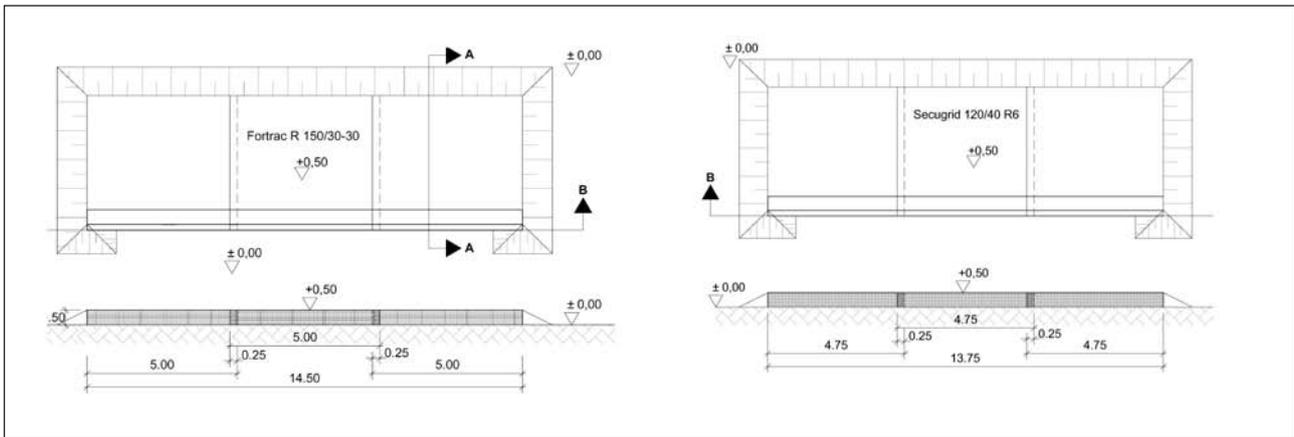


Bild 4. Aufsicht und Längsschnitt der Probefelder Testfeld „Steilböschung“, links: Bereich 1 mit flexiblem Geogitter Typ 1, rechts: Bereich 2 mit gelegtem Geogitter Typ 2.
 Fig 4. Plan-view and longitudinal section of trial section “steep reinforced soil slope”, left: flexible geogrid type 1, right: interlaced geogrid type 2

3.1.1 Versuchsfeld „Steilböschung“

Im Versuchsfeld „Steilböschung“ erfolgte die Herstellung mit einem in Rascheltechnik hergestellten flexiblen, dehnsteifen Geogitter, der zweite Teilbereich erfolgte mit einem gelegtem Geogitter. Beide Geogitter bestehen aus dem Rohstoff Polyester (PET) und besitzen vergleichbare Festigkeitseigenschaften, siehe Tabelle 1.

Tabelle 1. Eigenschaften der verwendeten Geogitter Testfeld „Steilböschung“

Parameter	Prüfnorm	Einheit	Flexibles dehnsteifes Geogitter / Typ 1 Fortrac R 150/30-30	Gelegtes Geogitter / Typ 2 ¹ Secugrid 120/40 R6
Polymer	-		PET	PET
Kurzzeitfestigkeit	DIN EN 10319	kN/m	150	120
Kurzzeitdehnung	DIN EN 10319	%	< 12,5	< 10
Breite		M	5	4,75
Gewicht	DIN EN 965	g/m ²	600	568
Maschenweite	-	mm x mm	30 x 30	72 x 28

¹: gem. Herstellerangaben

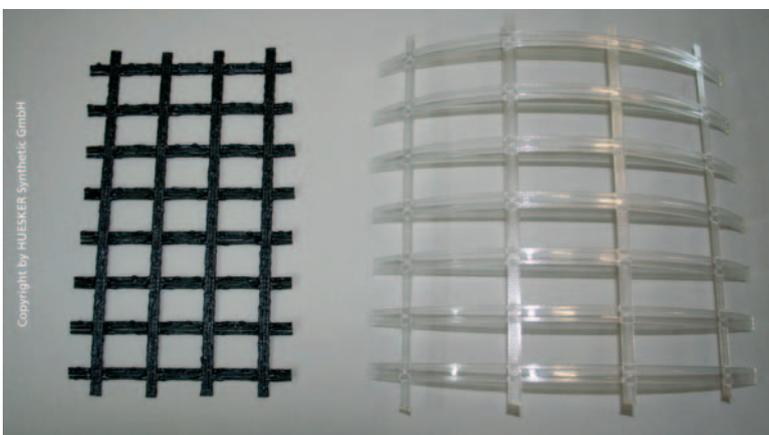


Bild 5. Verwendete Geogitter im Versuchsfeld „Steilböschung“, links: flexibles dehnsteifes Geogitter, Typ 1, rechts: gelegtes, punktverschweißtes Geogitter, Typ 2
 Fig. 5. Geogrid reinforcement product used for trial section “steep reinforced soil slope”, left: flexible knitted reinforcement geogrid, type 1, right: interlaced reinforcement geogrid type 2

Die Abmessungen des Probefeldes wurden so gewählt, dass je nach Produktionsbreite der Geogitter mindestens 3 Bahnen nebeneinander verlegt werden können. Einschließlich der in der Baupraxis üblichen konstruktiven Überlappung benachbarter Bahnen ergab sich die Gesamtbreite des Probefeldes somit zu ca. 30 m. Die Verankerungslänge des Geogitters soll > 4,0 m betragen. Da die Steilböschung als Polsterwand ausgebildet werden sollte und die Geogitter im Frontbereich mit der Höhe des jeweiligen Polsters, 0,50 m, hochgeführt und 1,50 m zurückgeführt werden sollte, ergab sich eine Gesamtlänge der Geogitter von ca. 6.0 m. Das Testfeld repräsentiert somit die Basis einer ca. 6 m hohen Stützwand. Als Außenhautsystem wurde eine verlorene Schalung aus korrosionsgeschützten Stahlmatten, Typ DeltaGreen, eingesetzt.

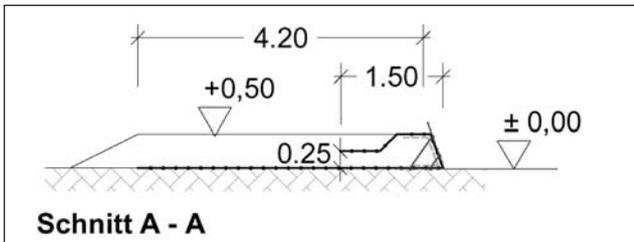


Bild 6. Querschnitt A-A durch das Testfeld Steilböschung
Fig. 6. Cross-section A-A "steep reinforced soil slope"

3.1.2 Versuchsfeld „Bewehrte Tragschicht“

Die Gestaltung des zweiten Probefeldes erfolgte in den Ausmaßen einer einspurigen Baustraße mit einer Baufeldbreite von ca. 5 m. Der Länge nach wurden insgesamt 4 unterschiedliche Produkte eingebaut. Die Verlegung der jeweiligen Produkte erfolgte quer zur Fahrbahn, auf einen seitlichen Rückumschlag wurde hierbei verzichtet. Die Länge der Versuchspiste ergab sich somit zu ca. 20 m. Nach der Verlegung der Geokunststoffe erfolgte eine Überschüttung mit Brechkorn (0/56)mm in einer minimalen Dicke von 0,10 m. Um eine Beeinträchtigung des Systemverhaltens durch den Baubetrieb selber auszuschließen, erfolgte die Überschüttung mit einem Bagger von den Seiten und von den Bauenden her.

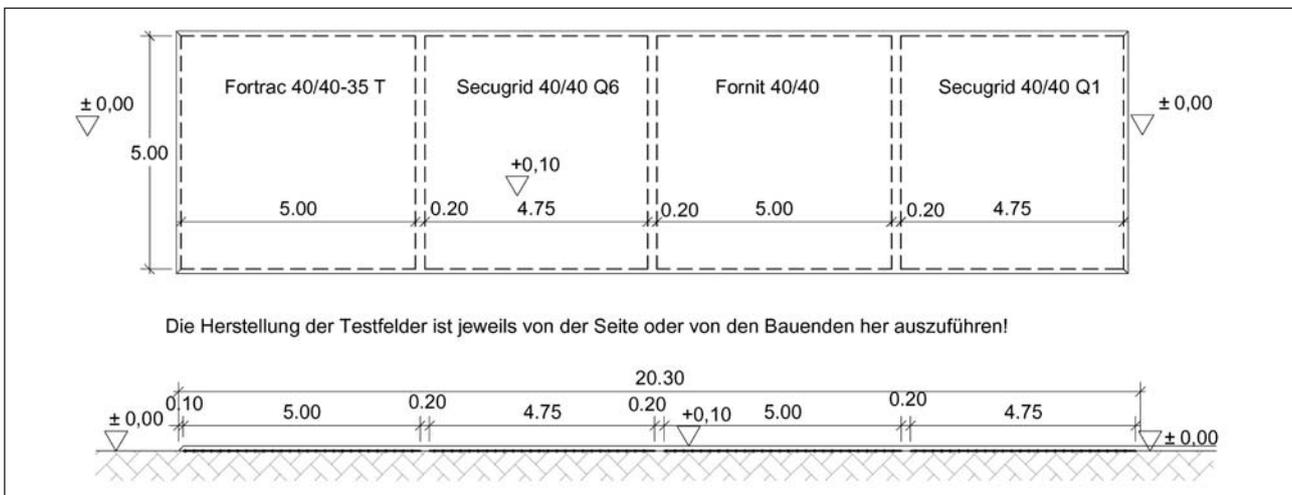


Bild 7. Draufsicht und Längsschnitt Testfeld „Bewehrte Tragschicht“
Fig. 7. Plan view and longitudinal section of trial-section "sub-base reinforcement"

3.2 Durchführung des Feldversuches

Anlehnend an die Methoden der Datenermittlung wurde der Bau der Testfelder in Form einer Gruppenzeitaufnahme beobachtet. Ohne Berücksichtigung der umfangreichen Vorgänge des reinen Erdbaus sind die Arbeitsabläufe beispielsweise in folgende Schritte grob zu unterteilen:

- Aufstellen und Ausrichten der Schalungselemente (Testfeld Steilböschung)
- Ablängen, Transportieren und Ausrollen der Bewehrung
- Ausrollen und Fixieren des Vliesstoff GRK 4 als Rieselschutz (Testfeld Steilböschung)

- Liefern, Einbauen und Verdichten des Füllbodens, 0,25 m Brechkorn (0/56) mm
- Liefern, Einbauen und Verdichten der zweiten Lage Füllboden im Frontbereich ca. $d = 0,25$ m, $b = 0,50$ m, Brechkorn (0/56) mm (Testfeld Steilböschung)
- Rückschlagen, Strammen und Fixieren der Geokunststoffe (Testfeld Steilböschung)
- Liefern, Einbauen und Verdichten der restlichen Bodenlage (Testfeld Steilböschung)

Der Schwerpunkt der Feldversuche wurde zunächst bei der Untersuchung der durch den Einsatz der Geokunststoffe bedingten Besonderheiten gelegt. Neben einer pauschalen Erfassung der Dauern wurden deshalb insbesondere folgende Teilvorgänge beobachtet und fotografisch dokumentiert, siehe hierzu auch Biedermann [14]:

- Lagerung
- Transport
- Zuschnitt
- Verlegung

Die Ausführung der Arbeiten erfolgte in einem Team von drei Arbeitern, wobei 2 Mitarbeiter als Facharbeiter und Maschinenführer für Bagger und Verdichtungsgerät qualifiziert sind, der dritte ist Polier und weist die anderen Arbeiter ein. Der Füllboden wurde auf einer Halde deponiert und von dort mit Hilfe eines Baggers transportiert und eingebaut.

3.3 Erkenntnisse / Beobachtungen

Unter Berücksichtigung oben aufgeführter Schwerpunkte konnte bei der Durchführung des Feldversuches folgendes beobachtet werden:

3.3.1 Lagerung:

Die Lagerung der Materialien erfolgte aufgrund der örtlichen Platzverhältnisse in einer Entfernung von ca. 150 m vom Einbauort auf einem gut tragfähigen und für alle Arten von Kraftfahrzeugen (auch große Speditionsfahrzeuge und Sattelzüge) gut zugänglichem Gelände. Ferner war eine gute Entwässerung des Planums durch ausreichendes Quergefälle sichergestellt. Bei größeren Bauvolumina mit häufigeren Transportwegen und vor Ort abzulängenden Bewehrungsbahnen (Regelfall) ist die Lagerung der Geokunststoffe möglichst dicht am Einbauort zu wählen. Hierbei ist aber sicherzustellen, dass die Materialien zeitnah verbaut werden können. Längerfristige „Zwischenlager“ im Randbereich von Baustrassen, z.B. bei Anwendungen in ausgeprägten Linienbauwerken, sollten vermieden werden. Je nach kalkulierter Tagesleistung sollten die Materialien andernfalls besser zentral, geschützt vor freier Bewitterung und Vandalismus oder unsachgemäßem „Handling“ deponiert werden. Bei ausgeprägten Linienbauwerken mit vergleichsweise hohen Tagesleistungen bietet es sich an, die Anlieferung der Materialien direkt an den Einbauort zu organisieren.



Bild 8. Unsachgemäße Lagerung von Geokunststoffen: über längere Zeit sollen Geokunststoffe vor freier Bewitterung geschützt gelagert werden

Fig. 8. Inappropriate storage of geosynthetics: products should be protected against weathering if deposited for a longer time outside



Bild 9. Unsachgemäße Lagerung / Handhabung abgelängter Geogitterbahnen
 Fig. 9. Inappropriate handling / storage of geogrid

3.3.2 Transport

Aufgrund des geringen Materialverbrauches für diesen Feldversuch erfolgte der Transport vom Lagerplatz zum Einbauort manuell. Im Regelfall ist dies aufgrund der hohen Rollengewichte jedoch nicht möglich. Die Materialien müssen dann mit Hilfe von geeignetem Baugerät manövriert werden. Für einen rationellen und schonenden Transport haben sich z.B. unten dargestellte Gerätschaften bewährt. Wenn, so wie im Steilböschungsbau üblich, viele einzelne kürzere Bahnen verlegt werden müssen, ist es wirtschaftlich, die Bahnen zentral an einem Schneideplatz vorzubereiten und dann an den Einbauort zu bringen. Flexible Geogitter, Typ 1, haben hierbei ganz offensichtlich den Vorteil, dass sie zu handlichen Einheiten zusammengelegt werden können. Der Transport einzelner Bahnen kann problemlos von einem Arbeiter vorgenommen werden, alternativ können mehrere Bahnen palettiert werden und in größeren Einheiten zum Einbauort gebracht werden. Gelegte oder gestreckte, häufig als „knotensteif“ oder biegesteif bezeichnete Geogitter besitzen produktionsbedingt hingegen einen ausgeprägten Drang, sich nach dem Abrollen bzw. Zuschneiden von alleine wieder aufzurollen. Aufgrund dieser als „Memory-Effekt“ bekannten Eigenschaft (Bild 11) ist deren Transport wesentlich aufwändiger, vorbereitete Bahnen müssen in voller Breite transportiert werden.



Bild 10. Verlegetraverse und Abroll- und Spannvorrichtung für Geokunststoffe
 Fig. 10. Equipment for proper unrolling and installation of geosynthetics



Bild 11. „Memory-Effekt“ bei gelegten Geogittern
 Fig. 11. „memory-effect“ of laced geogrids

3.3.3 Zuschnitt

Je nach Häufigkeit der erforderlichen Zuschnitte ist es empfehlenswert, Zuschnitte zentral an einem Zuschnittplatz vorzunehmen. Um Transportwege zwischen Einbauort und Zuschnittplatz klein zu halten, sollte der Zuschnitt möglichst dicht am Einbauort erfolgen. Die Verwendung von Halterungen oder Böcken erleichtern das Abrollen und Ablängen der Bahnen, bei großen Baumaßnahmen kann zusätzlich auch die Verwendung eines Streckenzählers zur Anwendung kommen. Bei relativ großen Verankerungslängen und besonders hochwertigen und damit auch schwereren Bewehrungsprodukten ist es unter Umständen sinnvoll, auf der Baustelle große Rollen zu teilen und auf separaten Kernen kürzerer Rollen herzustellen. Bild 12 zeigt die schematische Darstellung einer Vorrichtung zum Abrollen, Ablängen und Umrollen. Beim Geogittertyp 1 genügen zum Abschneiden üblicherweise einfache Taschen- oder Cuttermesser. Bei gelegten Geogittern, Typ 2, ist bereits bei Typen mit geringer Zugfestigkeit der Einsatz von elektrischen Schneidegeräten (Handflex) ratsam andernfalls beträgt der Zeitaufwand für den Zuschnitt gelegter Geogitter im Vergleich mit flexiblen Geogittern mindestens das 2- bis 3-fache. Erschwernisse beim Zuschnitt der Bahnen fallen umso mehr ins Gewicht je mehr kürzere Bahnen verlegt werden müssen und je schmäler die einzelnen Geogitterbahnen sind. Ferner war zu beobachten, dass sich bei dem Ablängen der Bahnen vom Geogittertyp 2 die Querstränge an den Kreuzungspunkten lösten. Beim Schneiden und Verlegen des Geogitters Typ 2 mussten Schutzhandschuhe getragen werden.

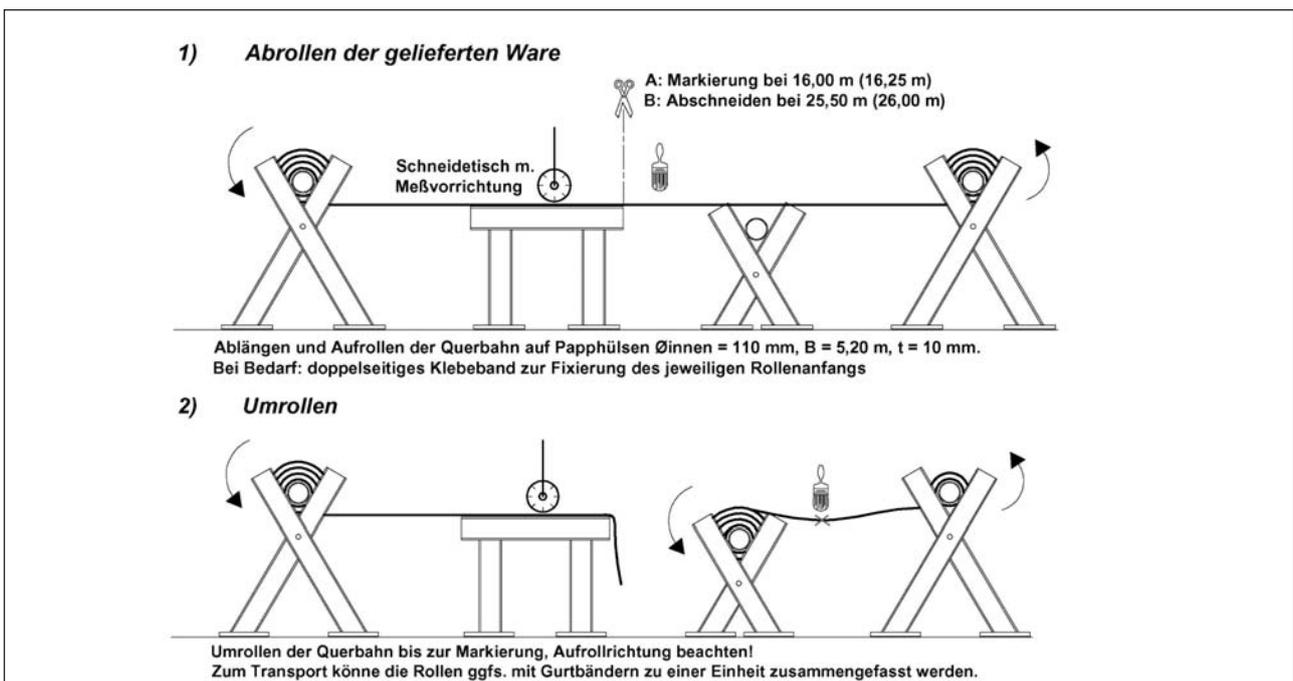


Bild 12. Prinzip einer Abroll- Umroll und Schneidevorrichtung
 Fig. 12. principle of unrolling and winding station

3.3.4 Verlegung

Die Verlegung der Geogitter erfolgt bei Bahnlängen über 15 m Länge am besten mit Hilfe eines Verlegegerätes, siehe Bild 10 oben. Sollen die einzelnen Bahnen gestrammt werden, um eine absolut faltenfreie Lage der Bewehrung zu ermöglichen, haben sich Geräte mit gleichzeitiger Transport und Spannfunktion als äußerst effektiv erwiesen. Bei langen Geogitterbahnen, welche zu einem geschlossenen Polster zurückgeschlagen werden sowie bei Bahnlängen kleiner als 15 m ist eine Verlegung von Hand jedoch wesentlich flexibler, insbesondere bei ungünstigen Platzverhältnissen.

Aufgrund obiger Überlegungen erfolgte die Verlegung im Feldversuch von Hand. Hierbei stellte sich heraus, dass flexible Geogitter, Typ 1, vergleichsweise einfach ausgerollt und ausgerichtet werden können. Der Geogittertyp 2 neigt fertigungsbedingt dazu, sich wieder zusammenzurollen und seine ursprüngliche Position einzunehmen, siehe auch 3.3.2 und Bild (11). Um Geogitter vom Typ 2 dennoch lagegenau verlegen zu können, muss die Verlegung mindestens mit zwei, besser mit drei Arbeitern erfolgen. Um das automatische Aufrollen zu verhindern, müssen die Rollenden mit Erdnägeln fixiert oder mit kleinen Schüttungen beschwert werden. Alternativ können die Bahnen auch einmal um ihre Längsachse gedreht verlegt werden, das Material wölbt sich dann jedoch nach oben.

Im Verlegebereich „Steilböschung“ wurden die Geogitter im Frontbereich hochgeführt und zurückgeschlagen. Um den für eine erfolgreiche Begrünung der Böschungsaußenhaut erforderlichen Formschluss zwischen Füllboden und Bewehrung zu gewährleisten, war der Rückumschlag der Bewehrung mit Stahlnägeln abzuspannen, so dass sich das Geogitter im Frontbereich beim Bodeneinbau spannt. Hierbei stellte sich heraus, dass sich die Querstränge des gelegten Geogitters, Typ 2, an den Kreuzungspunkten mit den Längssträngen entkoppeln. Die Verschweißung des Geogitters war für diese zwar punktuelle aber dennoch geringe Belastung offensichtlich nicht ausreichend. Eine fachgerechte und effektive Strammung des Frontbereiches war insofern nur mit dem flexiblen Geogitter, Typ 1, möglich.

Abgesehen von den bereits beschriebenen Erschwernissen durch den Memory Effekt erfolgte die Verlegung der Geogitter im Testfeld „Bewehrte Tragschicht“ mit allen Materialien einwandfrei.

4. Zusammenfassung und Empfehlungen

Die Durchführung und Auswertung von großmaßstäblichen Testfeldern stellt eine wichtige Ergänzung für die praktische Anwendung dar, die durch keinen Laborversuch erfasst werden kann. Eine Beurteilung und Bewertung von unterschiedlichen Geokunststoffen sollte deshalb nicht nur auf Grundlage der technischen Kenndaten (Laborversuche) erfolgen. Vielmehr sollten durch die Erkenntnisse von Probefeldern Angaben über das „Handling“ sowie den Personaleinsatz und die baubetrieblichen Abläufe gewonnen werden. Diese baupraktischen Aspekte haben Einfluss auf die Kalkulation und entscheiden letztendlich über einen reibungslosen und effizienten Bauablauf.

In diesem Zusammenhang hat bereits ein einfacher Kostenvergleich mit Aufschlüsselung der einzelnen Kostenarten gezeigt, von welcher eminenter Bedeutung die Bau- und Personalkosten gegenüber den Materialkosten (Geogitter) werden können.

Durch einen großmaßstäblichen Feldversuch zum Bau einer geokunststoffbewehrten Stützkonstruktion (KBE) konnten über die rein ingenieurtechnischen Eigenschaften eines Geokunststoffproduktes hinausgehend, grundsätzliche Unterschiede vor allem im Handling verschiedener Produkte gewonnen und dokumentiert werden; die Handhabung von nicht ausreichend flexiblen Bewehrungsprodukten wie dem untersuchten Typ 2 ist demnach wesentlich umständlicher und zeitintensiver. Unter gleichen Rahmenbedingungen ist insbesondere bei kurzen Verankerungslängen und schwierigen Platzverhältnissen mit einem durchschnittlich 30 % bis 50 % zeitintensiveren Verlegeaufwand zu rechnen. Außerdem ist es bei Geogittertyp 2 nicht möglich eine Fixierung mit Stahlnägeln durchzuführen, weil die Kreuzungspunkte beim Beschütten abplatzen. Fehlender Kontakt zum Füllboden begünstigt lokale Verformungen und führt vielfach zu Problemen bei der Begrünung.

Bei einem zweiten Testfeld zur Simulation einer bewehrten Tragschicht wurden beim Geogittertyp 2 erhebliche Ablösungen der Kreuzungspunkte festgestellt.

Grundsätzlich lässt sich rein empirisch feststellen, dass selbst bei sehr weichem Untergrund durch den Einsatz von Geogittern, eine lastverteilende Schicht aus Schotter oder vergleichbarer Erdmaterialien von ca. 30 cm Dicke ausreichend ist. Der Einsatz des Geogitters bringt bei Baustraßen eine deutliche Verbesserung gegenüber dem üblichen Verfahren mit Bodenaustausch.

Literatur

- [1] Duic/Trapp: Handbuch für die Kalkulation von Bauleistungen, Bd. 1, Bauverlag Wiesbaden u. Berlin.
- [2] Meier: Kalkulation für den Straßen- und Tiefbau anhand von durchgerechneten Beispielen, Bauverlag Wiesbaden u. Berlin (1989).
- [3] Keil/Martinsen: Einführung in die Kostenrechnung für Bauingenieure, Werner Verlag (1988).
- [4] Kühn: Der maschinelle Erdbau, B.G. Teubner Verlag Stuttgart (1984).
- [5] Pietzsch/Rosenheinrich: Erdbau, Werner Ingenieur Texte 79, Werner Verlag (1983).
- [6] HUESKER Synthetic GmbH: Mehr als 40 Jahre Erfahrung mit Geokunststoffen, Bautechnik 81 (2004), Heft 12
- [7] Wilmers: Das neue Regelwerk für Geokunststoffe im Erdbau des Straßenbaus, Straße + Autobahn 7 (2006)
- [8] Forschungsgesellschaft für Straßen und- Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Erd- und Grundbau: M Geok E – Merkblatt über die Anwendung von Geokunststoffen im Erdbau des Straßenbaues (Ausgabe 2005), FGSV, Köln
- [9] Forschungsgesellschaft für Straßen und- Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Erd- und Grundbau: Merkblatt über Stützkonstruktionen aus Betonelementen, Blockschichtungen und Gabionen (Ausgabe 2003), FGSV, Köln
- [10] Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V. (DGGT): Empfehlungen für Bewehrungen aus Geokunststoffen – EBGEO (1997)
- [11] Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V. (DGGT): GDA-Empfehlungen Geotechnik der Deponien und Altlasten, 3. Auflage (1997)
- [12] Forschungsgesellschaft für Straßen und- Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Erd- und Grundbau: TL Geok E-StB 05 – Technische Lieferbedingungen für Geokunststoffe im Erdbau des Straßenbaues (Ausgabe 2005), FGSV, Köln
- [13] Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt): Bauregellisten A, Bauregelliste B und Liste C (2007), Ernst u. Sohn
- [14] Biedermann: Dokumentation und Stellungnahme zu den Ergebnissen eines Feldversuches zur Untersuchung der Einbaubarkeit und Beständigkeit von Geogittern, unveröffentlicht (2005)
- [15] Hoffmann/Kremer: Zahlentafeln für den Baubetrieb, 5. Auflage, B.G. Teubner (2002)

Autoren dieses Beitrages:

Prof. Dr.-Ing. Bernd Biedermann, Geotechnische Institut Prof. Dr. Biedermann,
Ludwigstraße 22, 97070 Würzburg
Prof.Dr.Biedermann@t-online.de

Dipl.-Ing. Andreas Elsing, HUESKER Synthetic GmbH
Fabrikstraße 13-15, 48712 Gescher
elsing@huesker.de

Dipl.-Ing. Max Nods, HUESKER Synthetic GmbH,
Fabrikstraße 13-15, 48712 Gescher
nods@huesker.de

