

Kostenvergleich zwischen Bauweisen mit Geokunststoffen und Bauweisen mit herkömmlichen Baumaterialien für die Anwendungsfälle

- **Bau eine Drainageschicht im Deponiebau**
- **Bau einer Stützmauer zur Böschungssicherung**

Kurzfassung des Industrieverband Geobaustoffe e.V. (IVG) zu einer 2023 von GEOscope GmbH, Dr. Jan Retzlaff, im Auftrag der European Association of Geosynthetic product Manufacturers (EAGM) erstellten Studie.

Stichworte: Geokunststoffe, Kosten, Entwässerung, Stützmauer, Filter, EAGM, IVG

Hinweis: In Deutschland wird für Geokunststoffe auch der Begriff Geobaustoffe verwendet.

1 EINLEITUNG

Geokunststoffe werden in vielen verschiedenen Bereichen des Bauwesens und des Bergbaus eingesetzt. Sie ersetzen in den meisten Anwendungsfällen natürliche, nicht nachwachsende Rohstoffe (Sand, Kies, Schotter). Sie tragen zum Klimaschutz bei, da nicht nachwachsende Ressourcen erhalten werden, und durch den wesentlich geringeren Transport- und Einbauaufwand für das gleiche Bauvorhaben wesentlich geringere Mengen an CO₂ und Feinstaub (durch Reifenabrieb) entstehen [1].

Aufbauend auf der Studie „Life Cycle Assessment of Geosynthetics versus Conventional Construction Material“ [2], in der die ökologischen Vorteile von Geokunststoffen für verschiedene Anwendungsfälle nachgewiesen werden, hat die EAGM das Ingenieurbüro GEOscope GmbH beauftragt, für die gleichen Anwendungsfälle auch die Wirtschaftlichkeit von Bauweisen mit Geokunststoffen im Vergleich zu Bauweisen mit mineralischen Baustoffen wie Kies, Beton, Zement oder Kalk zu quantifizieren.

Die positiven ökologischen Bewertungen durch Lebenszyklusanalysen wurden so um detaillierte Aussagen zu den Kosten ergänzt.

Das auf Leistungen im Bereich des Bauwesens, insbesondere zur Bemessung und Auswahl von Baustoffen spezialisierte Ingenieurbüro GEOscope GmbH führte die Kostenvergleiche durch.

In diesem Dokument werden folgende Anwendungsfälle behandelt:

Anwendungsfall 3 „Drainageschicht im Deponiebau“

Diese Dränschicht soll einströmendes Regenwasser oberflächlich ableiten. Verglichen wurden die Kosten einer mineralischen Dränschicht (Fall 3A) mit einer geosynthetischen Dränschicht in der Deponie-Oberflächenabdichtung (Fall 3B).

Anwendungsfall 4 „Stützmauer zur Böschungssicherung“

Beim Bau von Verkehrsinfrastrukturanlagen, kann es notwendig sein, Böschungen mit Stützbauwerken zu stabilisieren. Verglichen werden die Kosten einer mit Stahlbeton gebauten Stützmauern (Fall 4A) mit den Kosten für eine mit Geokunststoffen bewehrte steile Erdböschung (Fall 4B).

Von 4 Kostenvergleichs-Studien für 4 typische Anwendungsfällen wurden die Ergebnisse folgender 2 Anwendungsfälle bereits in einem anderen Dokument veröffentlicht. (auf IVG Homepage verfügbar):

Anwendungsfall 1 „Filterschicht im Straßenbau“

Eine Trenn- und Filterschicht zwischen einer gut verdichteten Tragschicht und dem Untergrund verhindert das Einsinken des Materials der Tragschicht in den Untergrund und das Hochpumpen von Feinstteilchen aus dem Untergrund in die Tragschicht. Beides würde die Tragfähigkeit der Tragschicht vermindern. Sie ist unerlässlich, um sicherzustellen, dass die Tragschicht ihre Tragfähigkeit behält. Verglichen wurden die Kosten für einen Kiesfilter (Case 1A) mit einem Geotextil als Trenn- und Filterlage (Case 1B).

Anwendungsfall 2 „Tragschichtstabilisierung im Straßenbau auf schlecht tragfähigem Boden“

Verglichen wurden die Kosten für den Standardaufbau der Tragschichtstabilisierung einer Straße, bei der ein Bodenaustausch erforderlich ist (Fall 2A) mit dem Aufbau mit einer Geogitter- bewehrten Tragschicht (Fall 2B) und mit einer Kalk-/Zement Bodenverbesserung.

2 Ergebnis

Für beide Anwendungsfälle „Drainageschicht im Deponiebau“ und „Stützmauer zur Böschungssicherung“ konnte nachgewiesen werden, dass durch den Einsatz von Geokunststoffen die Kosten um jeweils mehr als 50 % reduziert werden können.

Die umfangreiche Reduzierung von Liefermengen und Bodenbewegungen und das daraus resultierende geringere Transportaufkommen sowie die erheblichen technologischen Aufwendungen beim Einsatz von Beton und Stahl (Fall 4) führen zu diesen erheblichen Kosteneinsparungen.

Die Vergleiche basieren auf Kostensätzen des III. Quartals 2021. Aufgrund der seither deutlich gestiegenen Energie- und Treibstoffkosten sind die Kostenvorteile der Geokunststofflösung aktuell (Frühjahr 2025) noch einmal deutlich höher einzuschätzen, insbesondere da bei den klassischen Lösungen in jedem Fall mehr Geräteinsatz auf der Baustelle benötigt und wesentlich mehr Transporte zur / von der Baustelle erforderlich sind, als bei den Lösungen mit Geokunststoffen.

3 BESCHREIBUNG DER ANWENDUNGSFÄLLE

3.1 Anwendungsfall 3: „Drainageschicht im Deponiebau“

In der europäischen Verordnung ist die Mächtigkeit der Kiesschicht für ein Dränsystem in der Abdeckung einer Deponie für gefährliche/nicht gefährliche Abfälle festgelegt.

Verwendet wurde ein Kies mit einer relativ engen Korngrößenverteilung von 16 bis 32 mm und einer Schichtdicke von 50 cm.

Berücksichtigt für die mineralische Variante wurde ebenfalls, dass direkt auf der Kiesdrainage ein geotextiler Vliesstoff als Trenn- und Filterelement eingesetzt wird, um zu verhindern, dass Feinanteile mit dem Regenwasser aus dem Oberboden in die Drainageschicht gelangen.

Ebenso wurde berücksichtigt, dass zwischen der mineralischen Drainageschicht und der darunterliegenden mineralischen Abdichtung ein geotextiles Schutzvlies notwendig ist, um das Vermischen der mineralischen Drainageschicht mit der mineralischen Abdichtungsschicht zu verhindern.

Als geotextile Drainageschicht wurde ein Geo-Verbundstoff (Composit) eingesetzt, bestehend aus einem geotextilen Drainagenetz (Wirrgelege) als Kern mit ca. 500 gr/m² und einer Dicke von ca. 1 cm sowie einer Lage geotextilem Vliesstoff als Trenn- und Filterschicht auf der einen Seite und einer Lage geotextilem Schutzvlies auf der anderen Seite..

Die anderen Schichten im Aufbau der Deponieoberflächenabdichtung sowohl in ihrer Mächtigkeit als auch im Materialbedarf gleich.

Die Querschnitte der mineralischen und geosynthetischen Alternativen sind in Abbildung 1 dargestellt.

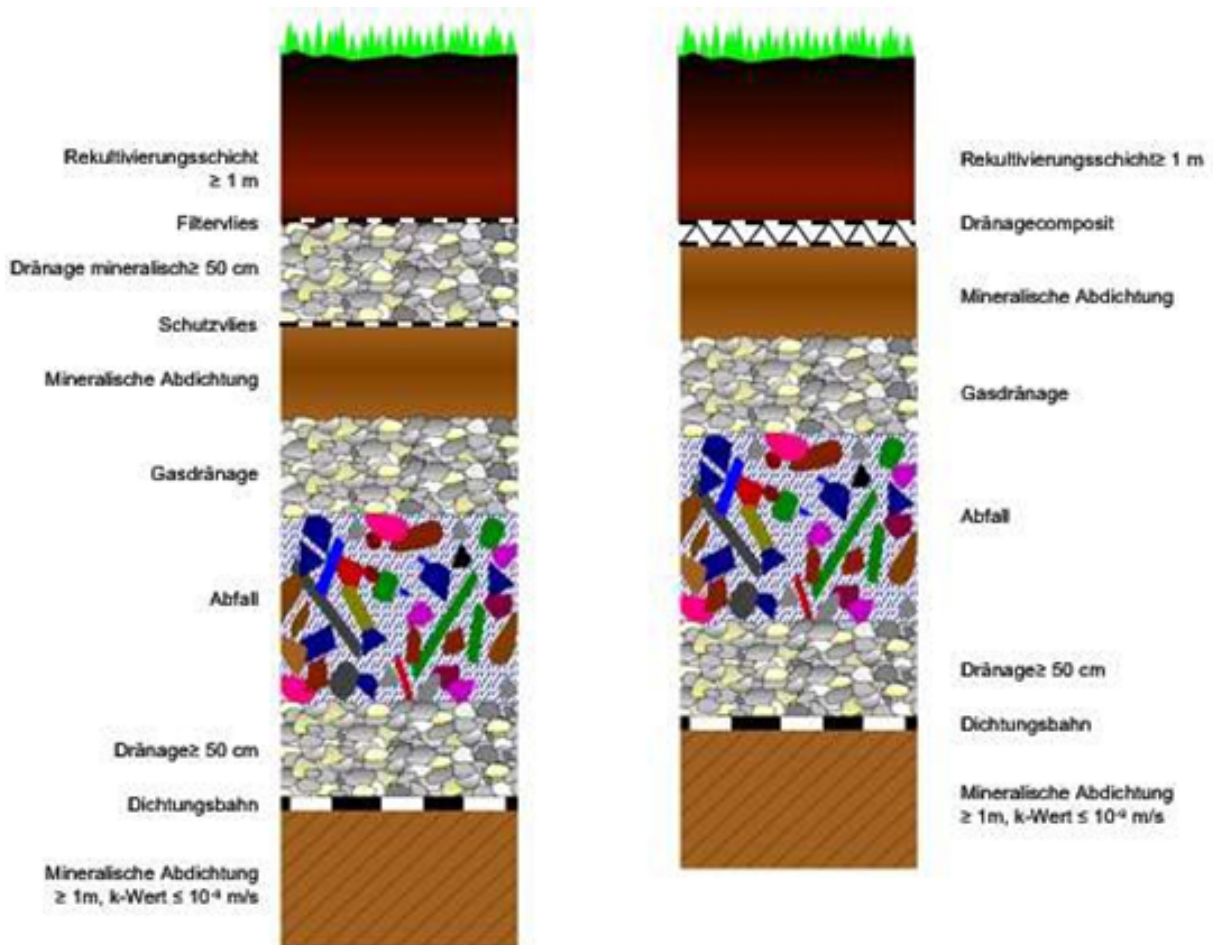


Abbildung 1: Deponien-Oberflächenabdichtung mit mineralischer Entwässerungsschicht (Fallstudie 3A, links) sowie mit Drainagecomposit als geosynthetische Dränschicht (Fallstudie 3B, rechts)

Beide Varianten sind für eine typische Nutzungsdauer von 100 Jahren ausgelegt.

3.2 Anwendungsfall 4 „Stützmauer zur Böschungssicherung“

Beim Bau von Verkehrsinfrastruktur kann es erforderlich sein, Geländesprünge durch Stützkonstruktionen zu überwinden. Eine Stützmauer aus Beton (4A) wird mit einer geosynthetisch bewehrten Erdböschung (4B) verglichen.

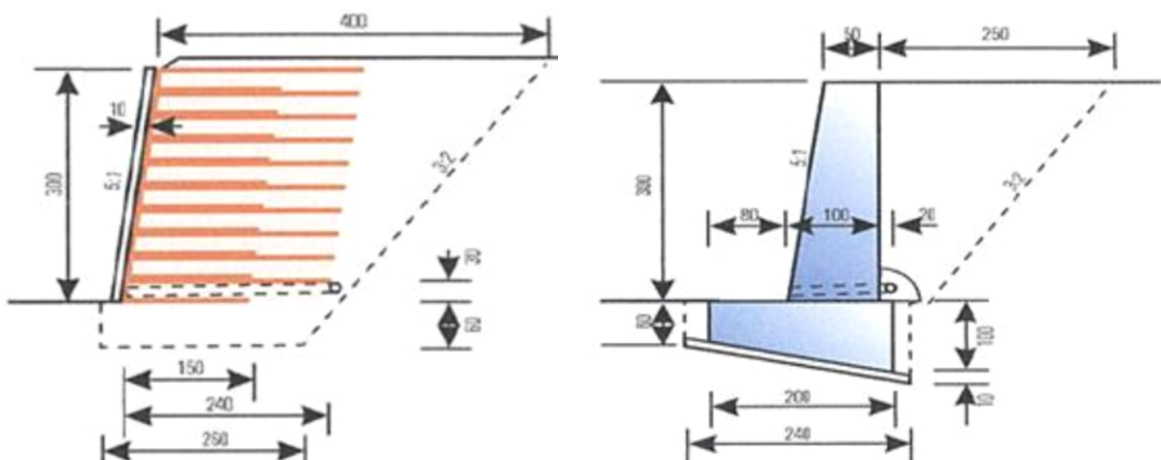


Abbildung 2: Schematischer Querschnitt von Stützmauern: die Stahlbetonmauer (Fallstudie 4A, links) und die geokunststoff-bewehrte Erd-Stützkonstruktion KBE (Fallstudie 4B, rechts)

Die Stützkonstruktion ist 50 m lang und 3 m hoch und hat eine Neigung von 5:1.

Beide Konstruktionen wurden auf Basis der erforderlichen statischen Nachweise erstellt.

Für die Stahlbetonstützmauer wurde Beton der Festigkeitsklasse B300 verwendet.

Für die geotextile Erd-Stützkonstruktion (KBE) wurde als Bewehrung ein Geogitter eingesetzt. Aus der Berechnung nach EBGeo wurde unter Berücksichtigung der typischen Abminderungsfaktoren auf die Höchstzugfestigkeit ein Produkt mit einer Langzeitzugfestigkeit von 14 kN/m eingesetzt.

Tabelle 2 zeigt die Spezifikationswerte beider Stützmauern.

Parameter	Einheit	CASE 4A - konventionell -	CASE 4B - Geokunststoffe -
Mauerlänge	m	50	
Mauerhöhe	m	3	
Aushub Fundament	m ³	109	-
Untergrundverdichtung	m ²	121	262
Schalung Fundament	m ²	83	-
Sauberkeitsschicht	m ²	120	-
Betonfundament	m ³	80	-
Fundamentbewehrung	kg	2.400	-
Frontschalung	m ²	153	-
Schalung Schüttlage	m ²	150	-
Betonstützmauer	m ³	105	-
Stahlbewehrung	kg	5.250	-
Zwischenräume	m ²	21	-
Dränage	m	62	72
Filterkies	m ³	10	11
frostsichere Hinterfüllung	m ³	219	-
Verdichtung Hinterfüllung	m ²	500	-
Aushub Unterbau	m ³	-	79
Material Unterbau	m ³	-	79
Schalungsstütze	m ²	-	153
Geokunststoffe liefern und verlegen	m ²	-	1960
Erdkörper	m ³	-	480
lagenweise Verdichtung	m ²	-	1.550
Spritzbetonschale	m ²	-	155
Auffüllmaterial	m ³	-	45

Tabelle 2: Spezifikation der Erdstützmauer

Das vor Ort anstehende Material wird bei der KBE-Konstruktion (4B) als Füllmaterial für die Böschungen selbst und als Abdeckmaterial verwendet.

Hinter der Betonmauer ist eine mindestens 30 cm dicke mineralische Dränschicht erforderlich. Zum Zweck der Übereinstimmung mit der KBE-Konstruktion (4B) wurde in beiden Fällen eine Dränschicht aus Rundkornkies mit einer Dicke von 80 cm angenommen.

Die geplante Lebensdauer wird bei beide Konstruktionen mit 100 Jahre angenommen. Dies entspricht der Forderung der EBGEO (Deutsche Gesellschaft für Geotechnik 2010) und des British Standard "Code of practice for strengthened/reinforced soils and other fills" (British Standard 1995).

4 KOSTENABSCHÄTZUNG

4.1 GRUNDLAGEN

Kostenkalkulationen sind bis zur Fertigstellung des Bauwerkes eine mit Unsicherheiten behaftete Prognose, die das Kostenrisiko des Bauherrn bis zur Ausschreibung und das unternehmerische Risiko des Bieters nach Angebotsabgabe bis zur Fertigstellung beinhaltet.

Bei der vorliegenden Ausarbeitung handelt es sich um eine detaillierte Kostenschätzung, in der wesentliche Leistungen Berücksichtigung finden und wirtschaftliche Grenzen aufgezeigt werden sollen.

Die Ansätze basieren auf Kosten aus dem III. Quartal 2021.

Von den im Erd- und Straßenbau üblichen Kalkulationsformen

- Kalkulation mit vorbestimmten Zuschlägen
- Endsummenkalkulation mit Abschlägen
- Dynamische Kalkulation der Deckungsbeiträge

wurde diese Ausarbeitung in Anlehnung an eine Kalkulation mit vorbestimmten Zuschlägen erstellt.

4.2 KALKULATION

In Anlehnung an Berthold, C.; Drees, G.; Krauss, S. [4] wurde ein vereinfachter Ansatz für die Zusammenstellung der anfallenden Kosten des Bauprojektes gewählt.

4.2.1 Lohnkosten

Bei der Berechnung wurde davon ausgegangen, dass der Bediener des Baugerätes auch Arbeiten unmittelbar im Wirkungsbereich seines Gerätes übernimmt, so dass nicht in jedem Fall eine Hilfskraft kalkulatorisch beigestellt wurde. Dort wo zusätzliche Hilfskräfte notwendig erschienen, wurden diese in der Kalkulation explizit ausgewiesen.

4.2.2 Material

Für das Material wurden die tatsächlichen Kosten angesetzt. Der Materialpreis für die Geokunststoffe bzw. mineralische Baustoffe ist bereits im Lieferpreis enthalten. Eine Zwischenlagerung der mineralischen Baustoffe auf der Baustelle ist nicht vorgesehen. Es wurde von Just-in-time-Lieferungen ausgegangen.

4.2.3 Gerätekosten

Basis der Ermittlung ist die Baugeräteliste (BGL). Die Gerätekosten selbst wurden nach der in Kuhne, V.; Kattenbusch, M [5] beschriebenen Methode ermittelt und berücksichtigt.

Da das Ergebnis wesentlich von einzelnen Leistungspositionen abhängt, wurden die Kosten für die Geräte nicht für deren Vorhaltung auf der Baustelle ermittelt, sondern leistungsabhängig den einzelnen Positionen der Ausführung des gewählten Beispiels zugeordnet.

4.2.4 Transport

Die Kosten für den Transport beinhalten die Fahrstrecke, die Fahrzeit und die zusätzlich notwendige Zeit für das Be- und Entladen sowie die Ladungssicherung. Im gewählten Beispiel ist der Transport von Baugeräten auf die Baustelle mit einer Entfernung von 120 km bei einer Geschwindigkeit von 50 km/h und einem Zeitpuffer von 2 Stunden für das Be- und Entladen sowie eventuelle Wartezeiten berücksichtigt. Darüber hinaus sind Erdstofftransporte auf der Baustelle in einem Radius von 2 km bei einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 25 km/h und dazugehörigen Lade- und Abladezeiten von jeweils 0,1 Stunden Teil der Kalkulation.

Die Preise für die Baustoffe sind einschließlich Lieferung frei Baustelle kalkuliert

4.2.5 Einheitspreis

Der finale Einheitspreis einer jeden Leistungsposition berücksichtigt die zuvor genannten Kosten sowie einen faktorisierten Zuschlag für Wagnis und Gewinn, der vom jeweiligen Unternehmen unter technologie- und baustellenspezifischen Aspekten beziffert wurde.

Übliche Werte dafür liegen zwischen 1,03 und 1,25, können aber auch erheblich davon abweichen.

4.3 PLANERISCHE UND TECHNISCHE ANNAHMEN

Die rechnerischen Ansätze wurden anhand der zuvor genannten Spezifikationen durchgeführt. Die planerischen und technischen Betrachtungen sind das Ergebnis eines Abstimmungsprozesses innerhalb des EAGM und wurden so gewählt, dass sie in dieser oder leicht abgewandelter Form auch tatsächlich europaweit angewendet werden können.

Die Berechnungen stellen keine technischen Vorschläge dar. Es muss im Einzelfall geprüft werden, ob die Beispiele geeignet und technisch umsetzbar sind.

4.4 ERGEBNISSE DER KOSTENKALKULATION

Mit den nachfolgenden Tabellen werden die Ergebnisse der Kostenberechnungen in stark komprimierter Form zusammengefasst. Durch die Vereinfachung der Tabellen kann es zu Rundungsfehlern in der Darstellung kommen, da auch die Anzahl der Nachkommastellen begrenzt wurde.

4.4.1 Ergebnis Anwendungsfall 3: „Drainageschicht im Deponiebau“

Die folgende Tabelle beinhaltet die Kostenergebnisse der einzelnen Titel für den Einbau einer Tragschicht. Die Summe aller Kosten wird auf die gesamte entwässerte Fläche bezogen.

	Einheit	CASE 3A - konventionell -			CASE 3B - Geokunststoffe -		
		Menge	Einheitspreis	Kosten	Menge	Einheitspreis	Kosten
Baustelleneinrichtung	Stck.	1,0	3.128,00 €	3.128,00 €	1,0	1.564,00 €	1.564,00 €
Geokunststoffe liefern und einbauen	m ²	212.000	2,63 €	557.339,97€	106.000	8,36 €	885.975,78 €
Mineralische Dränschicht liefern und einbauen	m ³	50.000	29,72	1.486.030,16 €			

Tabelle 3: Ergebnisse der Kostenberechnung für Dränschichten (Kostenbasis III. Quartal 2021)

4.4.2 Ergebnis Anwendungsfall 4 „Stützmauer zur Böschungssicherung“

Die folgende Tabelle beinhaltet die Kostenergebnisse der einzelnen Titel für den Einbau einer Tragschicht. Die Summe aller Kosten ist bezogen auf einen Meter einer fertigen 12 m breiten Straße.

	CASE 4A - konventionell -				CASE 4B - Geokunststoffe -		
	Einheit	Menge	Einheitspreis	Kosten	Menge	Einheitspreis	Kosten
Baustelleneinrichtung	Stck.	1,0	4.692,00 €	4.692,00 €	1,0	4.692,00 €	4.692,00 €
Boden für Fundament ausheben und im Baustellenbereich zwischenlagern	m ³	109	4,49 €	489,59 €	79	4,49 €	354,84 €
Fundamentsohle herstellen und verdichten	m ²	121	1,51 €	182,41 €	-	-	-
Bodenaustausch für Fundament liefern, einbauen und verdichten	m ³	-	-	-	79	15,35 €	1.212,62 €
Sauberkeitsschicht liefern und einbauen	m ²	120	12,86 €	1.542,84 €	-	-	-
Schalung für Fundament liefern und einbauen	m ²	83	33,55 €	2.784,28 €	-	-	-
Betonstahlmatten geschnitten und gebogen für Fundament liefern und verlegen	t	2,4	1.933,92 €	4.641,40 €			
Beton für Fundament liefern und einbauen	m ³	80	220,11 €	17.608,80 €			
Großflächenschalung für Luftseite Stützwand liefern und einbauen	m ²	153	17,03 €	2.604,94 €			
Großflächenschalung für Boden-seite Stützwand liefern und einbauen	m ²	150	17,03 €	2.553,86 €			
Betonstahlmatten geschnitten und gebogen für Stützwand liefern und einbauen	t	5,25	1.945,42 €	10.213,44 €			
Geogitter liefern und einbauen	m ²				1.960	4,83 €	9.459,29 €
Beton für Stützwand liefern und einbauen	m ³	105	228,97	24.041,33 €			
Schalllöcher verschließen	Stck.	21	183,85 €	3.860,78 €			
Bitumendichtung liefern und auftragen	m ²	154	14,55	2.240,32 €			
Dränleitung liefern und verlegen	m	62	17,50 €	1.084,85 €	72	17,50 €	1.259,82 €
Mineralischen Filter liefern und einbauen	m ³	10	24,00 €	240,03 €	11	24,00 €	264,04 €
Hinterfüllung liefern und einbauen	m ³	219	10,38 €	2.272,78 €	480	11,80 €	5.665,99 €
Abdeckboden liefern und einbauen	m ³				45	98,11 €	4.414,94 €
Spritzbeton für Front liefern und aufbringen	m ²				155	26,02 €	4.032,79 €

Tabelle 4: Ergebnisse der Kostenberechnung für Stützkonstruktionen (Kostenbasis III Quartal 2021).

5 KOSTENVERGLEICH

5.1 Kostenvergleich für Anwendungsfall 3: „Drainageschicht im Deponiebau“

	CASE 3A - konventionell -	CASE 3B - Geokunststoffe -
Baustelleneinrichtung	3.128,00 €	1.564,00 €
Geokunststoffe	557.339,97 €	885.975,78 €
Mineralische Dränschicht	1.486.030,16 €	-
Gesamtkosten ohne Baustelleneinrichtung	2.043.370,13 €	885.975,78 €
Kostenvergleich	230 %	100 %

Tabelle 5: Kostenvergleich für Dränschichten (Kostenbasis III Quartal/2021)

5.2 Kostenvergleich für Anwendungsfall 4 „Stützmauer zur Böschungssicherung“

	CASE 4A - konventionell -	CASE 4B - Geokunststoffe -
Baustelleneinrichtung	4.692,00 €	4.692,00 €
Vorbereitende Arbeiten	489,59 €	354,84 €
Gründungsarbeiten	26.759,72 €	1.212,62 €
Stützkonstruktion	49.112,32 €	25.096,87 €
Gesamtkosten ohne Baustelleneinrichtung	76.361,62 €	26.664,32 €
Kostenvergleich	286 %	100 %

Tabelle 6: Kostenvergleich für Stützkonstruktionen (Kostenbasis III Quartal/2021)

6 SCHLUSSFOLGERUNGEN

- Es wurde ein Kostenvergleich auf der Basis von deutlich umfangreicheren Kostenberechnungen als in dieser Veröffentlichung dargestellt zwischen konventionellen Konstruktionen und Lösungen mit Geokunststoffen durchgeführt.
- Dabei haben die gewählten Geokunststoffe für den untersuchten Anwendungsfall 3 die Dränfunktion einer 0.50 m mächtigen mineralischen Dränschicht übernommen.
- Im Anwendungsfall 4 wurde der Bau einer Stützkonstruktion betrachtet.
- In beiden Fällen konnte gezeigt werden, dass immer dann, wenn durch den Einsatz von Geokunststoffen Bodenbewegungen auf der Baustelle bzw. Liefermengen an Boden eingespart werden können, dies mit erheblichen Kosteneinsparungen verbunden ist. Im direkten Kostenvergleich der untersuchten Stützkonstruktion war augenfällig, dass der Einsatz von Beton und Stahl mit erheblichen technologischen Aufwendungen verbunden ist, die sich auch in den Kosten niederschlagen.
- In den untersuchten Konstellationen betrug die Kostenersparnis der gewählten Lösungen mit Geokunststoffen jeweils deutlich mehr als 50 %.
- Der Vergleich basiert auf Kostensätzen des III. Quartals 2021. Aufgrund der gegenüber Sommer 2021 deutlich gestiegenen Energie- und Treibstoffkosten sind die Kostenvorteile der Geokunststofflösung aktuell (Frühjahr 2025) noch einmal deutlich höher einzuschätzen, insbesondere da bei den klassischen Lösungen in jedem Fall mehr Geräteinsatz auf der Baustelle benötigt und wesentlich mehr Transporte zur / von der Baustelle erforderlich sind, als bei den Lösungen mit Geokunststoffen.

Literaturnachweis:

- [1] *Wagner (2020)* Umweltfreundliches Bauen: Bauweisen mit Geokunststoffen sind positiv für die Ökobilanz. Veröffentlichung in Georesources
- [2] *Stucki M. et al. (2011)*, Stucki M., Büsser S., Itten R., Frischknecht R. und Wallbaum H., Comparative Life Cycle Assessment of Geosynthetics versus Conventional Construction Material. ESUservices Ltd. commissioned by European Association for Geosynthetic Manufacturers (EAGM), Uster and Zürich, CH
- [3] *Laidié N.; Shercliff D. (2012)*, Comparative Life Cycle Assessment of Geosynthetics versus Conventional Construction Materials, a study on behalf of the EAGM, CASE 1, Filter Function, EUROGEO 5, Valencia, Spain
- [4] *Berthold, C.; Drees, G.; Krauss, S. (2019)*: Kalkulation von Baupreisen. 13., überarbeitete und erweiterte Ausgabe. Berlin: Beuth
- [5] *Kuhne, V.; Kattenbusch, M. (2017)*: Plümecke – Preisermittlung für Bauarbeiten. 28., überarbeitete und aktualisierte Auflage. Köln: Rudolf Müller

Weitere REFERENZEN

- Ehrenberg H.; Mermet J.P. (2012)*, Comparative Life Cycle Assessment of Geosynthetics versus Conventional Construction Materials, a study on behalf of the EAGM, General, EUROGEO 5, Valencia, Spain
- Fraser I.; Elsing A. (2012)*, Comparative Life Cycle Assessment of Geosynthetics versus Conventional Construction Materials, a study on behalf of the EAGM, CASE 4, Soil Retaining Wall, EUROGEO 5, Valencia, Spain
- Werth K.; Höhny S. (2012)*, Comparative Life Cycle Assessment of Geosynthetics versus Conventional Construction Materials, a study on behalf of the EAGM, CASE 3, Landfill Construction Drainage Layer, EUROGEO 5, Valencia, Spain
- Elsing, A.; Fraser, I. (2012)*, Comparative Life Cycle Assessment of Geosynthetics versus Conventional Construction Materials, a study on behalf of the EAGM, CASE 2, Foundation Stabilisation, EUROGEO 5, Valencia, Spain