

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

- **Filterschicht im Straßenbau**
- **Tragschichtstabilisierung im Straßenbau auf schlecht tragfähigen Böden**

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, Filter, Tragschichtstabilisierung, 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 typischen Anwendungsfälle behandelt:

Im Anwendungsfall 1 „Filterschicht im Straßenbau“ wurde die Kosten für einen Kiesfilter (Case 1A) mit einem Geotextil als Trenn- und Filterlage (Case 1B) verglichen.

Eine Trenn- und Filterschicht zwischen einer gut verdichteten Tragschicht und einem feinkörnigen 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

Im Anwendungsfall 2 „Tragschichtstabilisierung im Straßenbau auf schlecht tragfähigen Böden“ wurden die Kosten für die Tragschichtstabilisierung einer konventionellen Straße, bei der ein Bodenaustausch erforderlich ist (Fall 2A) verglichen mit einer mit Geokunststoffen bewehrten Tragschicht (Fall 2B).

Im Straßenbau muss die Tragschicht bestimmte Anforderungen an Verdichtung und Tragfähigkeit erfüllen. Bei schlecht tragfähigen Böden kann eine Erhöhung der Tragfähigkeit des Unterbaus erforderlich werden.

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 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).

2 ERGEBNIS

Für beide Anwendungsfälle, Filterelement und Tragschichtstabilisierung, konnte nachgewiesen werden, dass durch den Einsatz von Geokunststoffen die Kosten um jeweils mehr als 30% reduziert werden können.

Die umfangreiche Reduzierung von Liefermengen und Bodenbewegungen und das daraus resultierende geringere Transportaufkommen führen zu diesen erheblichen Kosteneinsparungen.

Der Vergleich basiert auf Kostensätzen des III. Quartals 2021. Aufgrund der seither deutlich gestiegenen Energie- und Treibstoffkosten sind die Kostenvorteile der Geokunststofflösung aktuell (Frühjahr 2023) 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 1: Filterschicht im Straßenbau

Verglichen wurde ein Kiesfilter (Case 1A) mit einem Geotextil als Trenn- und Filterlage (Case 1B).

Eine Trenn- und Filterschicht zwischen einer gut verdichteten Tragschicht und einem feinkörnigen 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. Die Trenn- und Filterschicht ist unerlässlich, um sicherzustellen, dass die Tragschicht ihre Tragfähigkeit behält.

Die für die Kostenschätzung eingesetzten Baustoffe wurden entsprechen den Anforderungen des Bauwerks gewählt. Für CASE 1B wurde ein UV-stabilisierter Vliesstoff aus Polypropylen mit einem mittlere Flächengewicht von 175 g/m² eingesetzt [3].

Die für den Filter verwendete Baumethode hängt von mehreren Faktoren ab. Die Spezifikationen sind in Tab. 1 dargestellt.

In den CASES 1A und 1B werden die Kosten pro m² der Filterfläche verglichen. Der zusätzliche Aushub im Randbereich für CASE 1A wird bei diesem Vergleich nicht berücksichtigt.

Parameter	Einheit	CASE 1A - konventionell -	CASE 1B - Geokunststoffe -
Größe des Filters	m ²	1	1
Geosynthetischer Filter	g/m ²	-	175
Kies	Cm	30	0,2

Tabelle 1: Spezifikation des Filtersystems

Anhand dieser Parameter wird die erforderliche Dicke D des mineralischen Filters (CASE 1A) mit 300 mm berechnet, während für die geosynthetische Filterschicht (CASE 1B) die Dicke 2 mm beträgt.

Die typische Nutzungsdauer der Filtersysteme in CASE 1A oder 1B wird mit 30 Jahre angenommen.

Die Abbildungen 1a und 1b zeigen einen Querschnitt der Filterprofile, wie sie diesem Kostenvergleich zugrunde gelegt wurden.

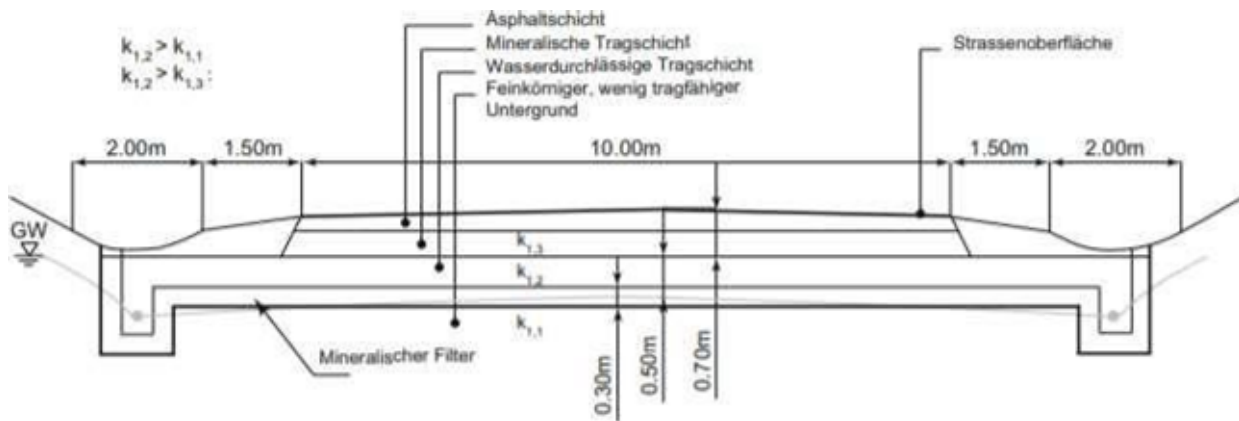


Abbildung 1a: Querschnitt des mineralischen Filters (Case 1A) Quelle: IVG/EAGM

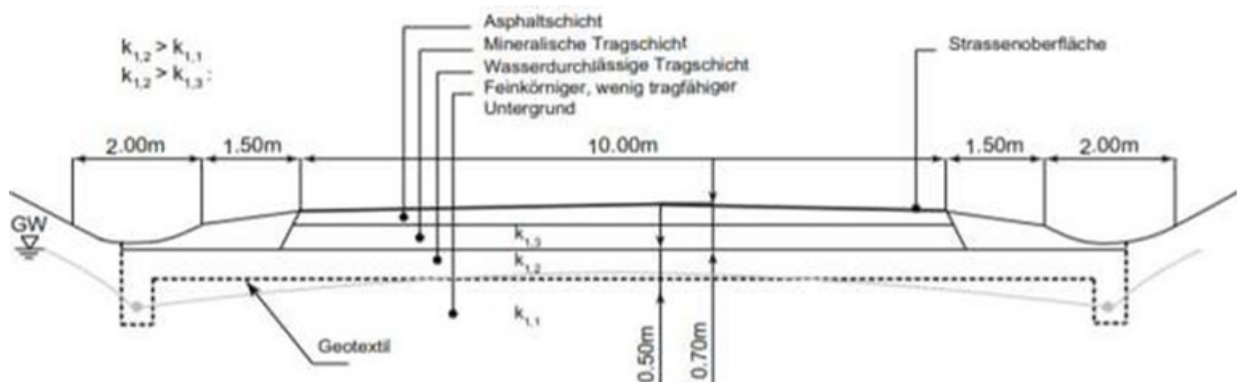


Abbildung 1b: Querschnitt des Filtersystem mit Geokunststoff (Case 1B) Quelle: IVG/EAGM

3.2 Anwendungsfall 2: Tragschichtstabilisierung im Straßenbau auf schlecht tragfähigen Böden

Im Straßenbau muss die Tragschicht bestimmte Anforderungen an Verdichtung und Tragfähigkeit erfüllen. Bei schlecht tragfähigen Böden kann eine Erhöhung der Tragfähigkeit des Unterbaus erforderlich werden.

Im zweiten Anwendungsfall wurde eine konventioneller Straßenaufbau auf schlecht tragfähigem Untergrund bei dem ein Bodenaustausch erforderlich ist (Case 2A) mit einer mit Geokunststoffen bewehrten Tragschicht (Case 2B) verglichen.

Als für diese Anwendung typischer Geokunststoff wurde ein Kombiprodukt (Geocomposit) ausgewählt, bestehend aus Vliesstoff aus Polypropylen mit 150 g/m^2 und einem Geogitter aus Polyester mit einer Zugfestigkeit von 30 kN/m in beiden Richtungen.

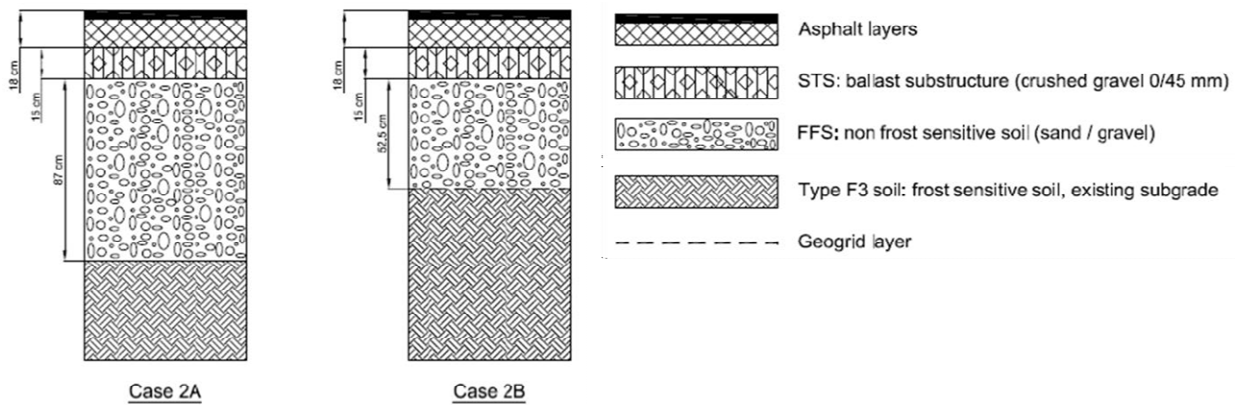


Abbildung 2: Schematische Darstellung der Querschnitte mit rein mineralischem Aufbau (CASE 2A, links) und Aufbau mit Geogitterbewehrung (CASE 2B, rechts)

Parameter	Einheit	CASE 2A - konventionell -	CASE 2B - Geokunststoffe -
Straßenbreite	m	12	12
Geogitter	kN/m	-	30
Geokunststoff zum Trennen und Filtern	g/m ²	-	150
Frostschutzschicht	cm	87	52,2
Schotterunterbau	cm	15	15
Asphaltschicht (insgesamt)	cm	18	18
Asphaltdeckschicht	cm	4	4
Asphaltbinderschicht	cm	14	14

Tabelle 2: Spezifikation beider Alternativen

Für die Tragschicht und die 14 cm dicke Binderschicht wurde eine Nutzungsdauer von 30 Jahren angenommen, für die 4 cm dicke Asphaltdeckschicht eine Nutzungsdauer von 15 Jahren.

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 Erdstofffrustransporte 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 CASE 1: Filterschicht im Straßenbau

Die folgende Tabelle beinhaltet die Kostenergebnisse der einzelnen Titel für den Einbau einer Filterschicht. **Die Summe aller Kosten ist bezogen auf eine fertige Filterfläche 1m².**

	CASE 2A - konventionell -				CASE 2B - 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 €
Oberboden abtragen und im Baustellenbereich zwischenlagern	m ³	0,4	7,78 €/m ³	3,12 €/m ²	0,1	7,80 €/m ³	0,78 €/m ²
Planum herstellen und verdichten	m ²	1,0	0,60 €/m ²	0,60 €/m ²	1,0	0,60 €/m ²	0,60 €/m ²
Geokunststofffilter liefern und einbauen	m ²	-	-	-	1,0	2,63 €/m ²	2,63 €/m ²
Mineralisches Filtermaterial liefern und einbauen	m ³	0,3	31,12 €/m ³	9,34 €/m ²	-	-	-
Tragschicht 0/45 liefern und einbauen	m ³	0,5	26,18 €/m ³	13,09 €/m ²	0,5	26,18 €/m ³	13,09 €/m ²

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

4.4.2 CASE 2: Tragschichtstabilisierung im Straßenbau auf schlecht tragfähigen Böden

Nachfolgende Tabelle beinhaltet die Kosten der einzelnen Titel für den Einbau einer Tragschicht. **Die Summe aller Kosten ist bezogen auf 1 lfm Straße, 12m breit (12 m²).**

	CASE 2A - konventionell -				CASE 2B - 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 €
Oberboden abtragen und im Baustellenbereich zwischenlagern	m ³	7,8m ³ /lfm	7,78€/m ³	60,68 €/lfm	3,7	7,78 €	28,79 €
Planum herstellen und verdichten	m ²	2,0m ² /lfm	0,60€/m ²	7,20 €/lfm	12,0	0,60 €	7,20 €
Geogitter liefern und einbauen	m ²	-	-	-	12,0	3,12 €	37,40 €
Tragschicht 0/45 liefern und einbauen	m ³	0,4m ³ /lfm	26,18€/m ³	273,30€/lfm	6,3	26,18 €	163,97 €

Tabelle 4: Ergebnisse der Kostenberechnung für die Tragschichten (Kostenbasis drittes Quartal 2021).

5 KOSTENVERGLEICH

5.1 Anwendungsfall 1: Filterschicht im Straßenbau

	CASE 1A - konventionell -	CASE 1B - Geokunststoffe -
Baustelleneinrichtung	4.692,00 €	4.692,00 €
Vorbereitende Arbeiten	3,72 €/m ²	1,38 €/m ²
Filter	9,34 €/m ²	2,63 €/m ²
Tragschicht	13,09 €/m ²	13,09 €/m ²
Gesamtkosten/m ² ohne Baustelleneinrichtung	26,15 €/m ²	17,10 €/m ²
Kostenvergleich	152%	100%

Tabelle 5: Kostenvergleich für Filterschicht im Straßenbau (Kostenbasis III Quartal/2021)

5.2 Anwendungsfall 2: Kostenvergleich Tragschichtstabilisierung im Straßenbau

	CASE 2A - konventionell -	CASE 2B - Geokunststoffe -
Baustelleneinrichtung	4.692,00 €	4.692,00 €
Vorbereitende Arbeiten	67,88 €/lfm	35,99 €/lfm
Geokunststoffe	-	37,40 €/lfm
Tragschicht	273,30 €/lfm	163,97 €/lfm
Gesamtkosten / lfm Straße ohne Baustelleneinrichtung	341,18 €/lfm	237,36 €/lfm
Kostenvergleich	143%	100%

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

6 SCHLUSSFOLGERUNGEN

- In der hier vorliegenden Studie wurden die Ergebnisse umfangreicher Kostenberechnungen in stark komprimierter Form zusammengefasst.
- Für zwei typischen Anwendungsfällen wurden die Kosten für die Bauweise mit rein mineralischen Baustoffen mit den Kosten für die Bauweise mit Geobaustoffen verglichen.
- Im Anwendungsfall 1 (CASE 1) führte die Ausführung mit einer Filterlage aus Geokunststoff zu einer Kostenreduzierung vom 34%.
- Im Anwendungsfall 2 (CASE 2) führte die Ausführung mit einem Geoverbundstoff Vlies-Gitter zu einer Kostenreduzierung von 30%.
- 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.
- 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.
- Hinzu kommen die erheblichen ökologischen Vorteile beim Einsatz von Bauweisen mit Geobaustoffen [1] [2].

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