

Kunststoffe und Umwelt: Neue Herausforderungen an Geokunststoffe

Dr.-Ing. Helge Hoyme
Dr.-Ing. Lars Vollmert

Geokunststoffe finden bereits seit Jahrzehnten Anwendung in den unterschiedlichsten Bereichen der Bauindustrie. Insbesondere wenn es darum geht den ökologischen Fußabdruck, z.B. gemessen an der Emission von CO₂, zu bewerten, hat ein ersatzweiser Einsatz von Geokunststoffen oft große Vorteile. Auf der anderen Seite sind jedoch auch Bedenken gegen den Einsatz von Kunststoff in der Bauindustrie in der Tendenz zunehmend und zu berücksichtigen. Eine mögliche Alternative ist es, Geokunststoffe aus biologisch abbaubaren Rohstoffen zu designen, welche sich nach Ihrer geplanten Zeit der Nutzung biologisch abbauen können.

Stichworte: Geokunststoffe, biologisch, abbaubar, Mikroplastik

1 Einleitung

Der Klimawandel, die Notwendigkeit zur Reduzierung von CO₂-Emissionen, Plastik im Meer und viele weitere Themen mit einem Bezug zur Ökologie sind nicht erst seit dem starken Auftreten der Jugendbewegung „Fridays for Future“ in aller Munde und nahezu jedem Bürger präsent. Doch was hat dies mit dem speziellen Bereich der Geokunststoffe in der Bauindustrie und hier im Schwerpunkt mit dem Wasserbau zu tun?

Zunächst bestehen Geokunststoffe, wie der Name bereits impliziert, im Regelfall aus Kunststoff welcher aus fossilen Rohstoffen wie Erdöl hergestellt wird. Geokunststoffe finden bereits seit vielen Jahrzehnten Anwendung in den unterschiedlichsten Bereichen der Bauindustrie. Besonders häufig werden sie aufgrund ihrer technischen Vorteile in den Bereichen Infrastruktur und im Wasserbau genutzt. Mögliche Anwendungen sind auf dem Festland z.B. im Straßen- und Wegebau, an der Küste z. B. als Filtervliesstoff unter Deckwerken, sowie im Off-Shore Bereich z.B. als Sandcontainer für den Kolk-

schutz an festen Konstruktionen, Stand der Technik. Geokunststoffe haben je nach Anwendung unterschiedliche Funktionen, wie Dränen, Filtern, Schützen, Verpacken, Bewehren oder Kombinationen daraus. In manchen Anwendungsgebieten ergänzen sie herkömmliche Bauweisen, in anderen ersetzen sie diese und generieren einen hohen Nutzen für den Bauherrn oder aus planerischen Gesichtspunkten. Vorteile ergeben sich aber auch insbesondere für die Ökologie, wenn man zum Beispiel den CO₂-Verbrauch einer klassischen geotechnischen Lösung aus überwiegend mineralischen Baustoffen mit einer Bauweise mit Geokunststoffen vergleicht. Ökonomisch sind Lösungen mit Geokunststoffen gegenüber den klassischen Lösungen mit oft hohem Materialeinsatz überwiegend im Vorteil.

Über die vergangenen Jahrzehnte fanden die Geokunststoffe Einzug in zahlreiche Regelwerke. Zumeist wird hier der Schwerpunkt auf Langlebigkeit und Reinheit der Rohstoffe (1A-Qualität) gelegt, wodurch es heute nur noch in Ausnahmefällen möglich ist recycelte Werkstoffe zum Einsatz zu bringen.

Lösungen mit Geokunststoffen weisen unbestreitbare Vorteile gegenüber klassischen Lösungen auf.

2 Klassische Geokunststoffe

2.1 Ökologischer Fußabdruck

Insbesondere wenn es darum geht den ökologischen Fußabdruck, z.B. gemessen an der Emission von CO₂, zu bewerten, hat ein ersatzweiser Einsatz von Geokunststoffen oft große Vorteile. In zurückliegenden Jahren wurden einige vergleichende Lebenszyklusanalysen (LCA) mit unterschiedlichen Bauverfahren an Projektbeispielen durchgeführt. Beispielhaft sei hier ein Vergleich zwischen einer Bodenstabilisierung mit Feinkalk gegenüber einer Lösung mit Geogittern am Beispiel der Kreisstraße K34 bei Würselen (Landkreis Aachen) (2009) (2013) vorgestellt.

Die Ergebnisse, dargestellt in Abbildung 1, zeigen eine deutliche Einsparung des Treibhausgases CO₂ bei Einsatz eines Geogitters anstelle des Einsatzes einer klassischen Bodenverbesserung unter Einsatz von Feinkalk. Selbstverständlich kann ein solches Ergebnis nicht pauschalisiert für alle Projekte werden, es kommt immer auf den Einzelfall und auf die jeweils vorhandenen Randbedingungen an. Jedoch sind in der überwiegenden Zahl von untersuchten Projektbeispielen die Lösungen unter Einsatz von Geokunststoffen in der Größenordnung von rd. einer Zehnerpotenz im Vorteil gegenüber den klassischen Verfahren.

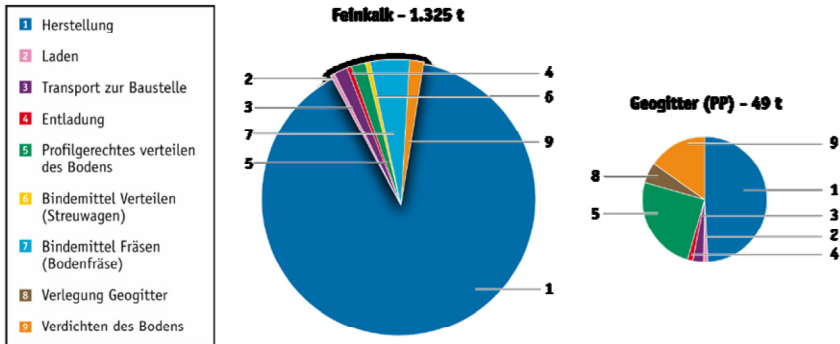


Abbildung 1: Kumulierte CO2 Emissionen beim Einsatz hydraulischer Bindemittel bei der Bodenstabilisierung im Vergleich zum Einsatz von Geogittern am Beispiel des Neubaus der Kreisstraße K34, Kreis Aachen, 2008

2.2 Dauerhaftigkeit

Ein weiterer nicht zu vernachlässigender Aspekt ist die Langlebigkeit von Geokunststoffen. In der öffentlichen Wahrnehmung ist Kunststoff als Abfall dem Kunststoff als Produkt oft gleichgesetzt. Es ist jedoch heute unmöglich auf Kunststoff zu verzichten, als Beispiele seien hier nur ihr Einsatz in Verkehrsmitteln, im Wohnbereich oder in der Medizintechnik genannt. Was jedoch verbessert werden kann ist unser Umgang mit den Produkten nach dem Ende ihrer Lebenszeit. Ein korrektes Recycling und ein damit einhergehender geschlossener Stoffkreislauf sind sicherlich wünschenswert aber auch heutzutage noch nur in Teilbereichen umgesetzt. Auch Geokunststoffe sollten nach ihrem Einsatz vollständig rückbaubar und verwertbar sein. Zu dieser Thematik finden aktuell Forschungen statt aus denen praktikable und effiziente Lösungen abgeleitet werden sollen.

2.3 Direkter Einfluss auf die Umwelt

Ein Einsatz von Geokunststoffen ist oft so ausgelegt, dass durch die vollständige Umschließung mit mineralischen Baustoffen kein Abrieb oder auf andere Art bedingter ungewollter Eintritt von Kunststoff in die Umwelt bis zum Ende der gewünschten Lebensdauer auftreten kann. Ein Beispiel hierfür ist der Einsatz als Betonstraßenvliesstoff. Der Vliesstoff liegt hier eingekapselt zwischen den unterschiedlichen Betonschichten und wird erst wieder bei Rückbau der Fahrbahn frei gelegt. Während der Dauer seines Einsatzes erhöht er aber die Lebensdauer der Straße signifikant.



Abbildung 2: Betonstraßentrennvliesstoff, vollständig gekapselt in der Betriebsphase

Es gibt jedoch auch Einsatzzwecke bei denen der Geokunststoff in direktem Kontakt mit Umwelteinflüssen steht, wie z.B. bei Deckwerken, Küstenschutzmaßnahmen oder im Bereich des Kolk-schutzes. Produkte, die für diese Einsatzzwecke entwickelt wurden, haben eine vorab definierte Lebensdauer zu erreichen. In dieser Zeit soll so wenig wie möglich oder im Idealfall gar kein Kunststoff als Abrieb oder sonstiger Verlust in die Umwelt gelangen. Da ein Eintrag von Kunststoff in die Umwelt jedoch nicht mit zu 100-prozentiger Sicherheit in allen Fällen ausgeschlossen werden kann, ist in manchen Anwendungen und Märkten eine steigende Tendenz zum Rückgreifen auf alternative und somit oft herkömmliche Bauweisen durch Behörden oder private Auftraggeber zu verzeichnen, wodurch jedoch die Vorteile, die ein Einsatz von Geokunststoffe in ökologischer aber auch in ökonomischer Sicht bieten, wiederum verloren gehen.



Abbildung 3: Filtrervliesstoff in direktem Kontakt zur Umwelt, auch während der Betriebsphase

3 Biologisch abbaubare Geokunststoffe

Eine Alternative sind Geokunststoffe aus biologisch abbaubaren Rohstoffen, welche sich nach Ihrer geplanten Zeit der Nutzung biologisch abbauen. Weitere Anwendungen können einen Abbauvorgang über die Zeit erfordern, zum Beispiel Produkte für den Erosionsschutz. Den biologisch abbaubaren Produkten gemein ist die Eigenschaft, dass auch ein ungewollter Eintritt in die Umwelt, zum Beispiel aus Abrieb oder Beschädigung, zu keinerlei Schädigungen an Flora und Fauna führt. Trotzdem erreichen sie, bei auf die jeweiligen Projektanforderungen abgestimmtem Design, die für den Anwendungsfall notwendige Lebensdauer und erfüllen während dieser Zeit ihre Funktion.

Um dieses Ziel zu erreichen wurden umfangreiche Versuche mit unterschiedlichen Materialien durchgeführt. Die besten Ergebnisse hinsichtlich der mechanischen Eigenschaften bei gleichzeitiger biologischer Abbaubarkeit konnten mit industriell hergestellten Stapelfasern erzielt werden. Die zum Einsatz kommenden Fasern werden aus 100-prozentig nachwachsenden Rohstoffen produziert. Zu beachten ist, dass die Rohstoffe zur Herstellung der Fasern aus ausschließlich zertifizierten Quellen stammen dürfen. Bei der Produktion der Fasern wird insbesondere Wert auf das Recycling des Prozesswassers gelegt. Ein weiterer Vorteil des zum Einsatz kommenden Rohstoffs ist, dass der Wasserverbrauch bei der Herstellung zum Beispiel im Vergleich zur Herstellung von Baumwollfasern um ca. 95% geringer ausfällt. Durch die industrielle Herstellung der Fasern, vergleichbar mit der Herstellung von Kunststofffasern aus fossilen Brennstoffen, kann eine gleichbleibende und hohe Qualität, anders als bei Naturfasern wie z.B. Flachs, Jute oder Kokos, erzielt werden.



Abbildung 4: Stapelfasern als Rohstoff für das zu 100-prozent biologisch abbaubare Geotextil Secutex® Green

3.1 Anwendungen

In vielen Anwendungen ist keine dauerhafte Wahrung der Produkteigenschaften notwendig. So kann für Filteranwendungen durchaus in Kauf genommen werden, dass eine für den Einbau wichtige Zugfestigkeit im eingebauten Zustand abnimmt. In anderen Fällen wird sogar angestrebt, dass sich Produkteigenschaften zeitlich verzögert verändern. Darüber hinaus gibt es Anwendungen, in denen die Bedingungen für einen biologischen Abbau praktisch nicht gegeben sind. Beispiele für die genannten Kriterien finden sich bei Anwendungen in den folgenden Bereichen:

- Trenn-, Filter- und Schutzlagen,
- Garten- und Landschaftsbau,
- temporärer Wege- und Straßenbau,
- Wege- und Straßenbau in besonders sensiblen Gebieten wie in FFH, in alpinen Räumen, bei Ausgleichsmaßnahmen, in Wasserschutzgebieten, etc.,
- Ufersicherung an Gewässern / naturnaher Gewässerausbau,
- Schutzlagen an Uferbereichen von Gewässern, als Dünen- und Küstenschutz,
- Sandcontainer als Kolkenschutz / Uferschutz / künstliches Riff,
- Strandweg und Sandfangzaun.

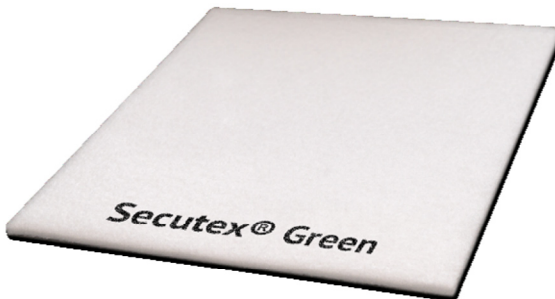


Abbildung 5: Der in Ansicht und Haptik dem klassischen Vliesstoff zum Verwechseln ähnliche neuentwickelte geotextile Vliesstoff

3.2 Geotextilrobustheitsklassen

Aufgrund der den klassischen Vliesstoffen ähnlichen Eigenschaften und der stets gleichbleibenden Qualität der Fasern und des produzierten Vliesstoffs kann eine Einteilung des neuen biologisch abbaubaren Geotextils in Geotextilrobustheitsklassen vorgenommen werden. Diese Einteilung bezieht sich auf die Eigenschaften Grammatur und Stempeldurchdruckkraft, die auch für den

klassischen Vliesstoff aus Kunststoff maßgeblich sind. Die charakteristische Öffnungsweite ändert sich im Verlauf der Lebensdauer eines auf rein organischem Rohstoff basierenden Vliesstoffs. Nach der Produktion, im noch trockenen Zustand wird der Test durchgeführt. Durch Zugabe von Wasser und die damit verbundene Aufnahme von Feuchtigkeit bei einem organischen Stoff, durch Trockenperioden und je nach Randbedingung einsetzender Abbau des Produktes unterliegt die Öffnungsweite naturgemäß gewissen Schwankungen.

Tabelle 1: Geotextilrobustheitsklassen multifunktionaler Trenn- und Filtervliesstoffe in biologisch abbaubarer Variante - Beispiel

	[GRK 2]	GRK 3	GRK 4	GRK 5
Grammatur	300 g/m ²	400 g/m ²	600 g/m ²	900 g/m ²
Schichtdicke	3,0 mm	3,3 mm	4,0 mm	4,5 mm
Stempeldurchdruckkraft	≥1.000 N	≥1.500 N	≥2.500 N	≥3.500 N

3.3 Zertifizierungen

Es gibt international eine große Auswahl an Zertifizierungen für unterschiedlichste Eigenschaften von Produkten. Die Eigenschaft „biologische Abbaubarkeit“ ist mittlerweile recht gut standardisiert, es gibt unterschiedliche Labels, die jedoch zumeist auf den Ergebnissen von ähnlichen, untereinander vergleichbaren oder gar identischen Prüfungen basieren.

Eine oft gescholtene Eigenschaft von biologisch abbaubaren Produkten ist, dass diese sich nur unter hohen Temperaturen zersetzen können. Dies führt in vielen Fällen dazu, dass die eigentlich biologisch abbaubaren Produkte in den Verwertungsanlagen aussortiert werden müssen und dann doch der Verbrennung zugeführt werden. Der in diesem Beitrag vorgestellte Vliesstoff aus nachwachsendem organischem Rohstoff erfüllt die Anforderungen gemäß den europäischen Normen in Bezug auf die industrielle Kompostierbarkeit und insbesondere auch in Bezug auf die Kompostierbarkeit in häuslichem Kompost, so dass einer Verwertung des Vliesstoffs nach einem Rückbau nichts im Wege steht. Schwerpunkt der angestrebten biologischen Abbaubarkeit ist allerdings nicht die Kompostierbarkeit, sondern die erweiterte Umweltunbedenklichkeit in Anwendungen, bei denen eine Freisetzung durch Abrieb nicht wie in den meisten herkömmlichen Anwendungen konstruktiv ausgeschlossen werden kann.

3.4 Fortgesetzte begleitete Untersuchungen

Aktuell laufen weitere Forschungen mit unterschiedlichen alternativen Rohstoffen zu deren Verarbeitbarkeit, Dauerhaftigkeit, biologischen Abbaubarkeit und Verstoffwechselbarkeit.

Die Dauerhaftigkeit biologischer Materialien hängt in maßgeblicher Weise von den Randbedingungen ab denen sie während der Dauer ihres Einsatzes ausgesetzt sind. Als Einflussfaktoren auf die Langlebigkeit biologisch abbaubarer Materialien sind insbesondere die Umgebungstemperatur, die Feuchtigkeit und die biologische Aktivität zu nennen. Langjährige Versuchsreihen mit unterschiedlichen Rohstoffen, Grammaturen und Umgebungsrandbedingungen wie Art der Böden, Temperatur und Feuchte sind hierzu in Zusammenarbeit mit wissenschaftlichen Einrichtungen geplant worden und befinden sich derzeit in der Umsetzung.

Eine weitere Eigenschaft von Materialien ist die sogenannte Metabolisierbarkeit oder Verstoffwechselbarkeit. Sie beschreibt die Umsetzung von Materialien in Körpern unterschiedlicher Lebewesen zunächst zu Zwischenprodukten, den Metaboliten. Weitergehende Stoffwechselvorgänge bestehen aus vielen einzelnen Serien enzymatischer Umsetzungen, die spezifische Produkte liefern und die wiederum weiter abgebaut werden.

In Bezug auf die Vliesstoffe in der Geotechnik ist dies besonders im Kontext Wasserbau von Interesse. Bei einem Einsatz von Vliesstoffen kann es unbestritten zu Beschädigungen bei Einbau, Betrieb und Rückbau von Materialien kommen. Besteht der Vliesstoff nun aus verdaulichem Material wird er aller Voraussicht nach nicht zu Schädigungen an Lebewesen beitragen, eventuell freigesetzte Fasern oder Vliesstoffreste bleiben somit ungefährlich für Flora und Fauna. Zu diesem Themenkomplex laufen wissenschaftlich begleitete Untersuchungen deren erste Ergebnisse hier auszugsweise vorgestellt werden. Die Abbildung 6 zeigt eine Aufnahme eines Vliesstoffs mit einem Rasterelektronenmikroskop (REM) nach Inkubation mit bestimmten Inhaltsstoffen der Magensäure von aquatischen Lebewesen. Die Fasern zeigen einen deutlichen Angriff durch Enzyme an der Faseroberfläche. Dies deutet deutlich auf die Abbaubarkeit der organischen Fasern z.B. in den Mägen von Meerestieren hin.

Weitergehende Untersuchungen hinsichtlich der Verstoffwechselbarkeit unterschiedlicher Rohstoffe durch aquatische Lebewesen befinden sich aktuell in der Umsetzung. Untersuchungen zur mikrobiellen Verstoffwechselbarkeit des reinen Produkts ohne Umgebungsstoffe, also anders als Tests zur

biologischen Abbaubarkeit in Böden oder Kompost, sind ebenfalls für das erste Quartal 2020 geplant.

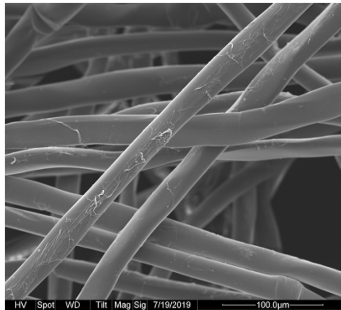


Abbildung 6: Aufnahme von durch Enzyme angegriffene Fasern eines biologisch abbaubaren Geotextils mit einem Rasterelektronenmikroskop, $100\ \mu\text{m} \pm 0,1\ \text{mm}$

4 Zusammenfassung

Dieser Beitrag zeigt die Vorteile beim Einsatz von Geokunststoffen im Vergleich zu klassischen Bauweisen mit rein mineralischen Baustoffen. An einem Beispiel wird die Reduzierung des CO_2 -Verbrauchs bei Einsatz von modernen Geokunststofflösungen deutlich.

Es gibt Fragestellungen im Tiefbauingenieurwesen bei denen es nicht auf eine den Kunststoffen innewohnende extrem lange Dauerhaftigkeit ankommt. Für diese Fragestellungen kann es sinnvoll sein einen biologisch abbaubaren Vliesstoff einzusetzen. Dieser hat in den meisten Anwendungsfällen eine ausreichende Dauerhaftigkeit, da in dem überwiegenden Teil solcher Einsätze die Randbedingungen im Hinblick auf Temperatur und umgebende biologische Aktivität so niedrig sind, dass keine unmittelbare Zersetzung des grundsätzlich biologisch abbaubaren Produkts einsetzt. Insbesondere bei Anwendungen, die eine temporäre (wenn auch durchaus langfristige) Funktion erfordern, oder bei Anwendungen, in denen ein Abrieb konstruktiv nicht ausgeschlossen werden kann, stellt diese neue Produktgruppe eine erweiterte Möglichkeit zur Anwendung von Geokunststoffen da.

5 Literatur

Egloffstein, T. (2009): Bauverfahren mit mineralischen Baustoffen und Bindemitteln im ökologischen Vergleich mit dem Einsatz von Geokunststoffen. 6. Geokunststoff-Kolloquium der NAUE GmbH & Co. KG
Frischknecht, R., Büsser-Knöpfel S., Itten R., Stucki M., Wallbaum H., (2013): Comparative Life Cycle Assessment of Geosynthetics versus Conventional filter layer. Proceedings of the 18th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, 2013.

Autoren:

Dr.-Ing. Helge Hoyme

Dr.-Ing. Lars Vollmert

NAUE GmbH & Co. KG

Bauberatung Geokunststoffe GmbH & Co.
KG

Gewerbestr. 2
32339 Espelkamp

Gewerbestr. 2
32339 Espelkamp

Tel.: +49 5743 93205 48
Fax: +49 5743 93205 66
E-Mail: hhoyme@naue.com

Tel.: +49 5743 93205 64
Fax: +49 5743 93205 66
E-Mail: lvollmert@bbgeo.com