

# Biologisch abbaubare Geokunststoffe – Mögliche Anwendungen und technische Hintergründe

Dr.-Ing. Helge Hoyme, NAUE GmbH & Co. KG, Espelkamp  
Henning Ehrenberg, NAUE GmbH & Co. KG, Espelkamp

*Nachhaltigkeit gewinnt zunehmend an Bedeutung in allen Aspekten des täglichen Lebens. Geotechnische Lösungen tragen schon lange dazu bei auch in der Baubranche nachhaltiger zu arbeiten. Neben geotechnischen Produkten aus neu hergestellten Kunststoffen, wie zum Beispiel aus Polypropylen oder Polyethylen, können für bestimmte Anwendungen auch Produkte aus biologisch abbaubaren Materialien eine Lösung sein.*

## 1 Einleitung

Ursprünglich von der Forstwirtschaft in Bergbauregionen genutzt, ist nachhaltiges Handeln heute eine allgemein anerkannte und zunehmend auch in der Bauindustrie relevante Maxime. Im Sinne von „das Richtige tun“ kann nachhaltiges Bauen im Tiefbau auch übersetzt werden mit „dauerhaft“, „langlebig“, „umweltverträglich“ oder „vernünftig“. Moderne Geobaustoffe aus hochentwickelten polymeren Werkstoffen erfüllen diese Kriterien und tragen seit vielen Jahren dazu bei, Bauweisen in der Geotechnik zu optimieren. Durch im Regelfall geringere Massenbewegungen werden natürliche Ressourcen geschont, Transporte entfallen und die Infrastruktur wird entlastet. Die CO<sub>2</sub>-Bilanz fällt daher sehr häufig positiv zugunsten von Geokunststoffbauweisen aus. Die polymeren Werkstoffe sind dabei meistens auf sehr lange Lebensdauern ausgelegt. Sie können z.B. im Deponiebau Anforderungen erfüllen, die kein anderer Baustoff erbringen kann. Bauweisen mit „Geokunststoffen“ sind also nachhaltig. Doch nicht in allen Anwendungen wird die sehr hohe Lebensdauer benötigt. Für Anwendungen in denen keine extrem lange Lebensdauer z.B. eines Trenn- und Filter-Vliesstoffs nötig ist, werden aktuell Alternativen entwickelt.

## 2 Klassische Geokunststoffe

### 2.1 Ökologischer Fußabdruck

Insbesondere wenn es darum geht den ökologischen Fußabdruck, z.B. gemessen an der Emission von CO<sub>2</sub>, 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 2-1, zeigen eine deutliche Einsparung des Treibhausgases CO<sub>2</sub> bei Einsatz eines Geogitters anstelle des Einsatzes einer klassischen Bodenverbesserung unter Einsatz von Feinkalk. Selbstverständlich kann ein solches Ergebnis nicht für alle Projekte pauschalisiert werden, es kommt immer auf den Einzelfall und auf die jeweils vorhandenen Randbedingungen an. Jedoch weisen in der überwiegenden Zahl von untersuchten Projektbeispielen die Lösungen unter Einsatz von Geokunststoffen Einsparungen des Treibhausgases CO<sub>2</sub> in der Größenordnung von rund einer Zehnerpotenz gegenüber den klassischen Verfahren auf.

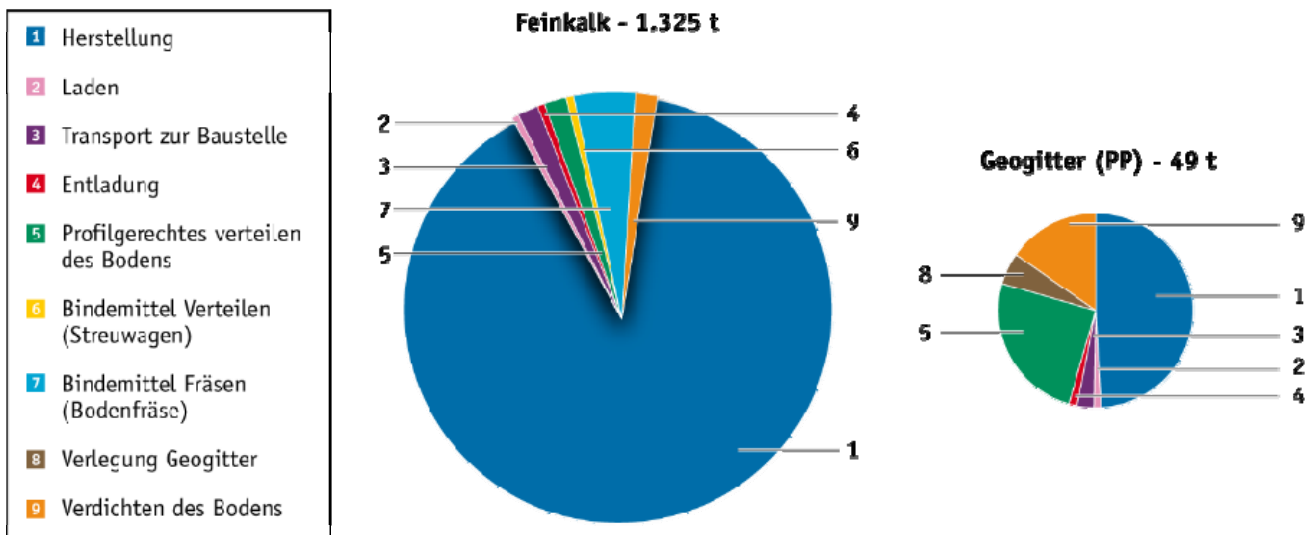


Abbildung 2-1: Kumulierte CO<sub>2</sub> Emissionen beim Einsatz hydraulischer Bindemittel bei der Bodenstabilisierung im Vergleich zum Einsatz von Geogittern am Beispiel des Neubaus der Kreisstraße K34, Kreis Aachen, 2008

## 2.2 Dauerhaftigkeit

Ein weiterer nicht zu vernachlässigender Aspekt ist die Langlebigkeit von Kunststoffen. Was beispielsweise bei Verpackungsabfällen als nachteilig bewertet werden muss, ist in der Bautechnik von essentiellem Vorteil. Die enorm hohe Dauerhaftigkeit der über Jahrzehnte entwickelten Geokunststoffe ist einer der wesentlichen Aspekte bei der Bewertung der Nachhaltigkeit. Denn inwieweit ein Produkt als nachhaltig bewertet werden kann ist, neben einem möglichst umweltschonenden Rohstoffgewinnungs- und Produktionsprozess die Art und Dauer der Nutzung. Verbessert werden kann insbesondere unser Umgang mit den Produkten nach dem Ende ihrer ersten Nutzung. Ein korrektes Recycling und ein damit einhergehender geschlossener Stoffkreislauf sind - soweit heute abgeschätzt werden kann - möglich, allerdings nur in Teilbereichen umgesetzt. Zu dieser Thematik finden aktuell Forschungen statt aus denen praktikable und effiziente Lösungen abgeleitet werden.

## 2.3 Direkter Einfluss auf die Umwelt

Ein Einsatz von Geokunststoffen ist so ausgelegt, dass durch die vollständige und bewegungsfreie 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. Umweltunbedenklichkeitsprüfungen sind langjähriger Standard. Ein Beispiel für eine feste Einbettung ist der Einsatz als Bewehrungselement. Das Bewehrungselement liegt hier eingekapselt zwischen den unterschiedlichen Böden und wird erst wieder bei Rückbau der Konstruktion frei gelegt. Während

der Dauer seines Einsatzes gewährleistet das Bewehrungsprodukt die Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit des Verkehrsweges signifikant, dies bei gleichzeitiger Reduzierung des Unterhaltungsaufwandes während der Lebensdauer in Vergleich zur Bauweise ohne Geokunststoff, Abb. 2-2.



Abbildung 2-2: Geogitter als Bewehrungselement in einer Straßenkonstruktion, vollständig gekapselt in der Betriebsphase

Es gibt jedoch auch Einsatzzwecke bei denen der Geokunststoff in direktem Kontakt mit Umwelteinflüssen steht, wie z.B. bei Küstenschutzmaßnahmen oder im Bereich des Kolksschutzes. 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.

Das Freisetzen von Kunststofffragmenten ist bei z.B. temporären Konstruktionen, bei denen oft aus Kostengründen auf eine ausreichende Überdeckung der Produkte verzichtet wird, zu thematisieren.

Kommt es zu Beschädigungen durch Baugeräte oder Vandalismus oder infolge verzögerten Rückbaus zu UV-Schäden, können Kunststoffpartikel freigesetzt werden. Da insbesondere im Küstenschutz die Konstruktion planmäßig frei gelegt wird und ggf. direkt mechanisch beansprucht wird, kann ein Eintrag von Kunststoff in die Umwelt jedoch nicht mit 100-prozentiger Sicherheit in allen Fällen ausgeschlossen werden, Abb. 2-3 und 2-4.

Würde man in diesen Fällen auf konventionelle Bauweisen wie massive Steinschüttungen zurückgreifen, würden die Vorteile, die ein Einsatz von Geokunststoffen in ökologischer aber auch in ökonomischer Sicht bieten, verloren gehen, da beim Abbau und Transport von mineralischen Stoffen zum einen Ressourcen verbraucht und planmäßig lokale Umweltschäden entstehen, aber auch enorme Mengen an CO<sub>2</sub> freigesetzt werden, sowie eine Erhöhung des Reifenabriebs zu verzeichnen ist.



*Abbildung 2-3: Zweckentfremdung von Verpackungsprodukten für geotechnische Nutzungen bei unklaren Bemessungsrandbedingungen, Hamburg, 2011*



*Abbildung 2-4: Verwendung ungeeigneter Verpackungsprodukte und Kunststoffe für Küstenschutzmaßnahmen, Frankreich 2019*

### **3 Geobaustoffe aus biologisch abbaubaren Werkstoffen**

Für Anwendungen, bei denen die Freisetzung von Kunststofffragmenten konstruktiv nicht ausgeschlossen werden kann und insbesondere temporä-

re Anwendung, können Geobaustoffe aus biologisch abbaubaren Rohstoffen eine nachhaltige Alternative bieten. Diese können und sollen 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 abgestimmten 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. In diesem Fall werden die zum Einsatz kommenden Fasern aus 100-prozentig nachwachsenden Rohstoffen produziert. Zu beachten ist, dass die Rohstoffe zur Herstellung der Fasern ausschließlich zertifizierten Quellen stammen dürfen. Bei der Produktion der Fasern wird z.B. insbesondere Wert auf das Recycling des Prozesswassers gelegt. Ein weiterer Vorteil eines 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 gleichbleibendere Qualität, im Vergleich zu Naturfasern wie z.B. Flachs, Jute oder Kokos, erzielt werden.



*Abbildung 3-1: Stapelfaser G1 als Rohstoff für das zu 100-prozent biologisch abbaubare Geotextil Secutex® Green*

Anders als bei klassischen Kunststoff-Polymeren ist der Vliesstoff durch den natürlichen Ursprung des Rohstoffs UV-stabil, das heißt, in offenen und dem

Sonnenlicht ausgesetzten Anwendungen degradieren die Fasern nahezu nicht.

### 3.1 Geotextile Robustheitsklassen

In Analogie zu Produkten aus dem Straßenbau lässt sich dieser Vliesstoff in geotextile Robustheitsklassen einteilen und bedient somit auch Forderungen aus Ausschreibungen für Infrastrukturmaßnahmen. Die Einteilung der GRK-Klassen bezieht sich auf die Eigenschaften Grammatur und Stempeldurchdrückkraft, die auch für den klassischen Vliesstoff aus Kunststoff maßgeblich sind. In Tabelle 3-1 sind die für den Vliesstoff Secutex Green G1 erforderlichen Grammaturen zur Erreichung der jeweiligen GRK-Klasse aufgelistet. In der Tabelle findet sich auch die im Infrastrukturbau nicht mehr genutzte GRK Klasse 2, da diese noch Anwendung z.B. im Gar-

ten- und Landschaftsbau findet. Aufgrund der zu klassischen petrolbasierten Fasern, wie z.B. einer Polypropylenfaser, abweichenden Eigenschaften sind höhere Grammaturen als bei klassischen Geokunststoffen notwendig.

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 3-1: Geotextilrobustheitsklassen multifunktionaler Trenn- und Filtervliesstoffe in biologisch abbaubarer Variante, Beispiel Secutex Green G1

Secutex Green G1	[GRK 2]	GRK 3	GRK 4	GRK 5
Grammatur	300 g/m <sup>2</sup>	400 g/m <sup>2</sup>	600 g/m <sup>2</sup>	900 g/m <sup>2</sup>
Schichtdicke	3,0 mm	3,3 mm	4,0 mm	4,5 mm
Stempeldurchdrückkraft	≥1.000 N	≥1.500 N	≥2.500 N	≥3.500 N

### 3.2 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 manchen 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 oder Beschädigung nicht wie

in den meisten herkömmlichen Anwendungen konstruktiv ausgeschlossen werden kann.

### 3.3 Weitere Untersuchungen

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

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 erarbeitet worden und werden sukzessive erweiterte Kenntnisse liefern.

### 3.4 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. Das Einsatzspektrum und die Lebensdauer sind abhängig von den Standortfaktoren wie den Boden-, Wasser- und Klimaverhältnissen des jeweiligen Projekts. Typische Anwendungsgebiete für einen biologisch abbaubaren Geobaustoff sind:

- Trenn-, Filter- und Schutzlagen
- Garten- und Landschaftsbau
- Temporärer Wege- und Straßenbau
- Ufersicherung /naturnaher Gewässerausbau
- Küstenschutz mit Vliesstoffen und/oder Sandcontainern
- Kolkschutz an Brücken- und Uferbauwerken mit Sandcontainern

Eine weitere Anwendung kann das sogenannte snow-farming oder ein Schutz von Gletscherflächen in den wärmeren Monaten eines Jahres sein. Hierzu sind Tests und begleitende wissenschaftliche Untersuchungen geplant.

#### **4 Projektbeispiel für biologisch abbaubares Geotextil**

Repräsentativ für eine typische Anwendung eines biologisch abbaubaren Geobaustoffs wurde Secutex® Green 60G1 GRK 4 als temporäre Baustraße eingesetzt. Eine Gewässerstützwand (Krainerwand) stützt das Wohngebiet „Goldmorgen Süd“ in der Gemeinde Dettingen unter Teck zum Mühlkanal ab. Da sie massiv in ihrer Standsicherheit beeinträchtigt und ein Abbruch von Gärten in den Mühlbach zu befürchten war, wurde eine grundhafte Sanierung notwendig. Die Arbeiten wurden von einer „Insel“ zwischen dem Bach Lauter und dem Mühlkanal ausgeführt. Zur Baustelle führt nur ein privater Fußpfad zwischen der Lauter und dem Kanal. Dieser musste in Abstimmung mit den Behörden zu einer temporären Baustraße ausgebaut werden, die für schweres Gerät wie LKW und Bagger befahrbar sein musste. Am Ende der Baustraße wurde zudem ein Stellplatz für Baustellenfahrzeuge notwendig. Die erforderliche Baustraßenbreite von 3 - 4 m wurde durch Fällung von Bäumen und Sträuchern und anschließender Mulchung erreicht

Die notwendige Ertüchtigung sollte möglichst umwelt- und materialschonend erfolgen. Anstelle der klassischen Bauweise aus mehreren Dezimeter starken mineralischen Bodenschichten wurde ein geotextiler Trennvliesstoff auf den vorhandenen Grund ausgelegt werden. Dieser verhindert die Vermischung der Schottertragschicht mit dem feinkörnigen Untergrund, wodurch erheblich weniger Material benötigt wird. Das spart neben dem Material auch Transportfahrten und Bauzeit und damit

insgesamt Kosten und der CO<sub>2</sub> Ausstoß verringert sich. Da in dem ökosensiblen Bereich zudem der Eintrag von Kunststoff in die Umwelt vermieden werden musste, wurde in Dettingen Secutex® Green 60G1 GRK 4 ausgelegt, der bereits voran beschriebene Vliesstoff aus biologisch abbaubarem Material. Auf die geotextile Trennlage wurde eine 20 cm hohe Tragschicht aus Schotter 0/56 aufgebracht. Die gesamte Fläche musste nach der Baumaßnahme zurückgebaut werden. Kleinere Stücke des Vliesstoffs oder Fasern die bei Bau und Betrieb der Baustraße unbeabsichtigt in die Umwelt gelangen, werden vor Ort biologisch abgebaut.



*Abbildung 4-1: Mit biologisch abbaubarem Vliesstoff hergestellte Baustraße bei Dettingen*

#### **5 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<sub>2</sub>-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 kein unmittelbarer Abbau des grundsätzlich biologisch abbaubaren Produkts einsetzt. Insbesondere bei Anwendungen, die eine temporäre Funktion erfordern, oder bei Anwendungen, in denen die Freisetzung von Kunststofffragmenten konstruktiv nicht ausgeschlossen werden kann, stellt diese neue Produktgruppe eine erweiterte Möglichkeit zur Anwendung von Geobaustoffen dar.

## Literaturverzeichnis

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., Büsler-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

Frischknecht, R., Büsler-Knöpfel, S., Itten, R., Stucki, M., Wallbaum, H., (2013): *Comparative Life Cycle Assessment of Geosynthetics versus Concrete Retaining Wall*. Proceedings of the 18th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering

Hoyme, H., Su, J. H., Kono, J. & Wallbaum, H. (2019): *Nonwoven geotextile scour protection at offshore wind parks, application and life cycle assessment*, Proceedings and Monographs in Engineering, Water and Earth Sciences, p. 315-321

Prambauer, M., Wendeler, C., Weitzenböck, J., Burgstaller, C., (2019): *Biodegradable geotextiles – An overview of existing and potential materials*. Geotextiles and Geomembranes 47, p. 48-59