

Neue Herausforderungen an Geokunststoffe

Die zunehmende Diskussion über Kunststoffe in der Umwelt wird zum Treiber für die Weiterentwicklung.

HARTMUT HANGEN | MARKUS HEMPEL | HELGE HOYME | MIKA JASMIN PLUM

In allen Belangen des täglichen Lebens gewinnt die kritische Frage nach der Nachhaltigkeit des eigenen Handelns zunehmend an Bedeutung. Innovative Bauweisen mit Geokunststoffen tragen schon lange dazu bei, diese auch für die Baubranche zu beantworten. Neben der Verwendung fabrikneuer Rohstoffe können für bestimmte Anwendungen zukünftig auch Produkte aus recycelten Rohstoffen oder aus biologisch abbaubaren Materialien eine Lösung sein.

Nachhaltige Lösungen

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“ wurde und wird nachhaltiges Bauen im Tiefbau bisher auch übersetzt mit „dauerhaft“, „langlebig“, „um-

weltverträglich“ oder „vernünftig“. Moderne Geobaustoffe aus hochentwickelten polymeren Werkstoffen erfüllen diese Kriterien optimal und tragen seit vielen Jahren dazu bei, nachhaltiges Bauen in der Geotechnik zu ermöglichen. Der positive Effekt für die Nachhaltigkeit besteht in der Regel darin, dass im Vergleich zu konventionellen Bauweisen beim Einsatz von Geokunststoffen deutlich weniger natürliche Ressourcen benötigt werden. Dies ermöglicht in der Regel auch eine deutliche Reduzierung von Massenbewegungen, Transporte entfallen und die Infrastruktur wird entlastet. Somit fällt die CO₂-Bilanz von Projekten mit der Geokunststoffbauweise deutlich besser aus im Vergleich zu konventionellen Bauweisen. Für klassische Anwendungsbereiche von Geokunststoffen wurde dies sehr eindrucksvoll z.B. in WRAP [1] und EAGM [2] dokumentiert.

Geokunststoffe werden seit Jahrzehnten überwiegend auf Basis fossiler Rohstoffe erzeugt. Die polymeren Grundwerkstoffe sind dabei in der Regel darauf ausgelegt, ihre Eigenschaften über eine möglichst lange Lebensdauer sicherzustellen. Übertragen auf eine Anwen-

dung im Bahnbau bedeutet dies zum Beispiel, dass Instandhaltungsintervalle für den Oberbau durch den Einsatz von Vliesstoffen oder Kombinationsprodukten aus Vliesstoff und Bewehrung deutlich verlängert werden. Die verwendeten Materialien müssen daher eine gleichbleibend hohe und nachweisbare Qualität und Dauerhaftigkeit besitzen. In der Praxis wird diese Forderung über den DB-Standard DBS 918039 (HPQ) [3] in Verbindung mit DIN EN 13250 [4] umgesetzt. So wird in vorgenannten Regelwerken beispielsweise definiert, dass die Dauerhaftigkeit für einen Vliesstoff, welcher gem. Anwendungsfall 3.4 als Trenn- und Filterelement unter Tragschichten eingesetzt werden soll, für eine Nutzungsdauer von ≥ 50 Jahren nachzuweisen ist. Ferner ist dort auch geregelt, ob überhaupt bzw. unter welchen Bedingungen alternativ zu oder in Kombination mit fabrikneuem Rohstoff auch Rezyklate, Regenerate oder sog. Umlaufmaterial für die Herstellung verwendet werden dürfen.

Obwohl die Vorteile von Geokunststoffbauweisen sehr offensichtlich sind, wird deren Einsatz im Kontext mit der allgemeinen Diskussion um die Verwendung und das Inverkehrbringen von Kunststoffen kritisch diskutiert. Die Diskussion wird auch im Kontext der Mikroplastik-Problematik geführt, die notwendige Abgrenzung zu den maßgebenden Mikroplastikquellen Reifenabrieb und unsachgemäßer Abfallentsorgung wird jedoch häufig nicht vorgenommen. In Ebbert et al. [5] wird dieses Thema aus Sicht eines Geokunststoffherstellers eingehender diskutiert.

Vor diesem Hintergrund ist die Entwicklung von Produkten, die den Prinzipien einer idealen Kreislaufwirtschaft entsprechen, der nächste Schritt in Richtung Nachhaltigkeit. Für den Einsatz von Recyclingmaterial ist es daher erforderlich, dass ihre mechanischen Eigenschaften oder Dauerhaftigkeit denen von fabrikneuen Rohstoffen entsprechen.

Konkret folgt daraus der Bedarf an technischen Aufbereitungsverfahren, die das Recycling ohne Verlust der technischen Eigenschaften der Materialien ermöglichen. Der Gedanke der Kreislaufwirtschaft beschränkt sich dabei nicht ausschließlich auf petrochemisch basierte Produkte, sondern gilt auch für biobasierte Materialien.

Neben dem Fokus auf Wiederverwendung/Recycling und Dauerhaftigkeit von Produkten sollten aber auch die Anwendungen von Geokunststoffen differenziert werden. Für

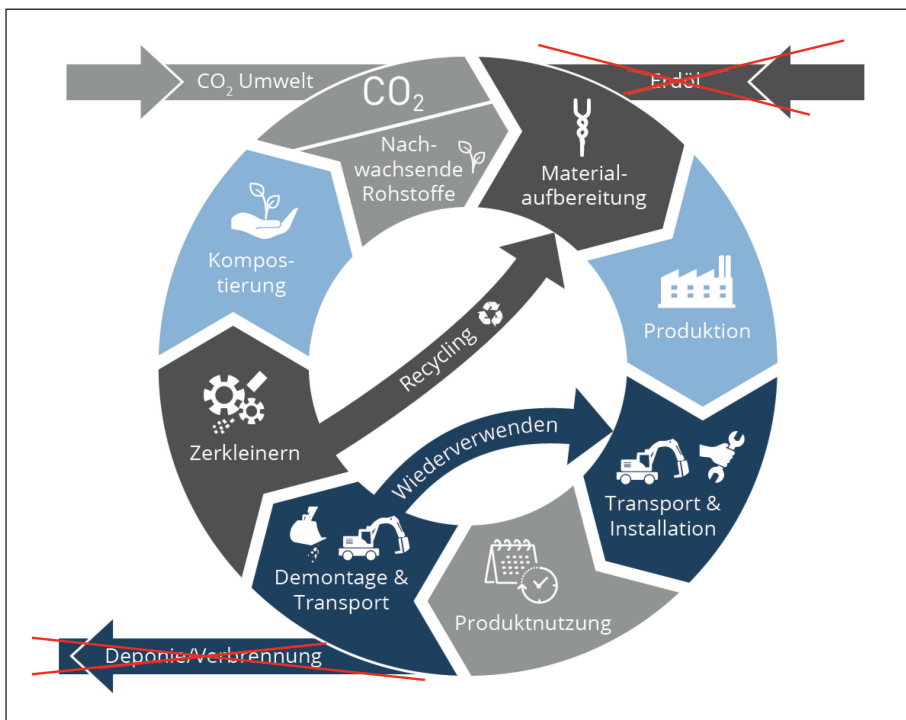


Abb. 1: Schaubild für eine ideale Kreislaufwirtschaft für die Produktion und Verwendung von Geokunststoffen Quelle: [14]

Fälle, bei denen nur eine vergleichsweise kurze Lebensdauer gefordert wird und der Ein- und Ausbau von wiederverwendbaren Produkten technisch nicht möglich oder im Sinne einer Umweltbilanzierung unverhältnismäßig ist, sollte der Einsatz von biologisch abbaubaren Materialien angestrebt werden. Den Grundsätzen einer idealen Kreislaufwirtschaft wird dabei Genüge getan, dass das Material nach der Lebensdauer optimalerweise vollständig zersetzt und so dem natürlichen Kohlenstoffkreislauf der Natur wieder zugeführt wird. Die Abb. 1 zeigt eine ideale Kreislaufwirtschaft und Abb. 2 die Abgrenzung der Begrifflichkeit eines sogenannten Biopolymers unter Einbeziehung der in [4] genannten Differenzierung von sogenanntem Recycling-Material. So spricht man in der öffentlichen Diskussion z. B. häufig von „biologisch abbaubarem“ Material, ohne zu differenzieren, aus welcher Quelle die Rohstoffe für dessen Fertigung stammen. Folgt man dem Schaubild der idealen Kreislaufwirtschaft in Abb. 1, so sollten Materialien zukünftig im Idealfall einer biobasierten Rohstoffquelle entstammen und nach ihrer Nutzung wiederverwendbar oder recycelbar, also möglichst dauerhaft sein. Deponierung oder Verbrennung, in Abb. 1 angedeutet durch den

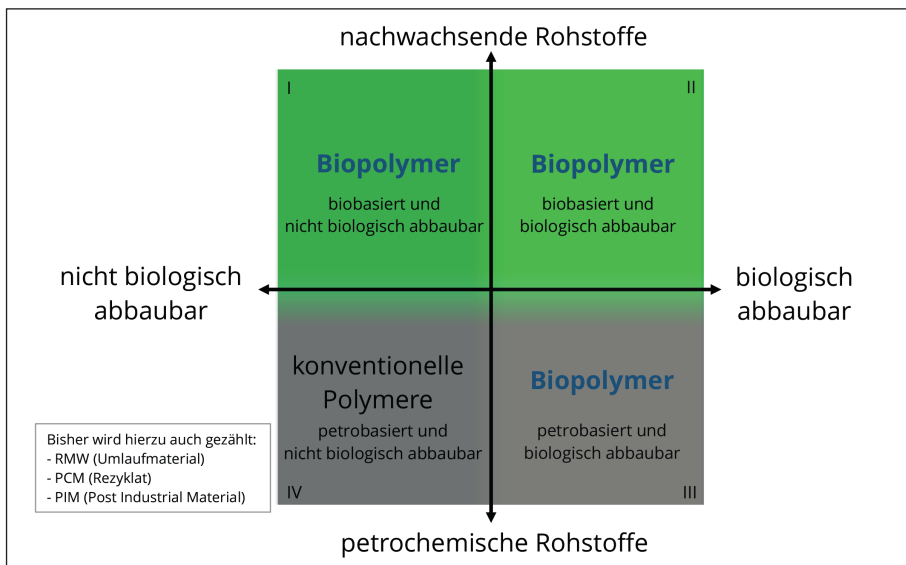


Abb. 2: Schaubild zur Definition eines Biopolymers unter Einbeziehung der Begrifflichkeiten für Umlaufmaterial (RMW), Rezyklat (PCM) und Post Industrial Material (PIM) Quelle: [4]

aus dem Kreislauf ausbrechenden Pfeil, sollte möglichst vermieden werden. In Abb. 2 würde diese Vorstellung einem Biopolymer entsprechen, welches dem ersten Quadranten zuge-

ordnet sein könnte. Wenn eine direkte Wiederverwendung und/oder Recycling technisch nicht möglich oder sinnvoll sind oder ein Material keine hohe Dauerhaftigkeit besitzt, sollte



eco
LINE

Starke Bewehrungen für höchste Ansprüche
Mit HUESKER Geogittern und Geoverbundstoffen aus recyceltem PET realisieren Sie anspruchsvolle Infrastrukturprojekte sicher und verantwortungsvoll.

HUESKER ecoLine „Made in Germany“ – Ressourcen schonen und CO₂ reduzieren.

Entwickelt, um Ressourcen zu schonen.

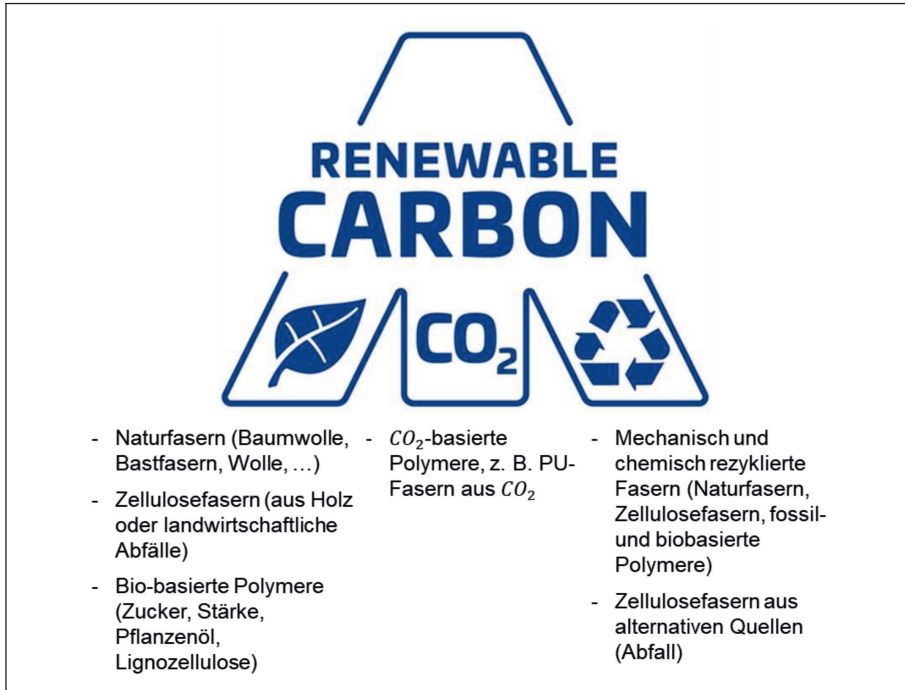


Abb. 3: Schaubild zur Vorstellung, welche Kohlenstoffquellen für die Fertigung von Geokunststoff zukünftig genutzt werden können, um fossile Quellen zu schonen Quelle: [6]

es zumindest biobasiert und biologisch abbaubar sein, ohne dabei toxische Abbauprodukte zu hinterlassen. In Abb. 2 würde ein solches Material dem zweiten Quadranten zugeordnet sein. Der dritte Quadrant in Abb. 2 bezeichnet ein Material, welches zumindest zu großen Anteilen aus konventionellen fossilen Quellen hergestellt wurde, aber biologisch abbaubar ist, also nur eine begrenzte Lebensdauer besitzt. Auch solche Materialien werden oftmals als Biopolymere bezeichnet. Im vierten Quadranten sind Materialien einzuordnen, welche in der Regel petrochemischen Ursprungs sind und nicht oder nur sehr langsam biologisch abgebaut werden können. Inwieweit es technisch möglich und sozio-ökologisch sinnvoll sein wird, petrobasierte Kunststoffe vollständig zu ersetzen, wird in den nächsten Jahren entschieden werden. In jedem Fall sollten diese hochwertigen Werkstoffe, bestmöglich wiederverwendet (recycelt) werden. Die DIN EN 13249 [4] unterscheidet hierbei verschiedene Formen der Wiederverwendung, welche im Folgenden genauer erklärt werden und gleichermaßen für biobasierte dauerhafte Materialien (erster Quadrant) gelten.

Abb. 3 zeigt, welche Kohlenstoffquellen für die Fertigung von Geokunststoffen zukünftig genutzt werden sollten: Entweder stammen die Rohstoffe aus nachwachsenden Quellen oder aus einem Recyclingprozess. Eine dritte Rohstoffquelle kann CO₂ sein, welches bei der Herstellung der Fasern eingebaut wird. Im vorliegenden Beitrag soll aufgezeigt werden, welche Lösungen die Industrie zu diesen brennenden Fragen bereits heute bereitstellen kann. Ferner soll dargestellt werden, an welcher Stelle die Bauherrschaft eine Verände-

rung und Weiterentwicklung von Geobaustoffen fördern kann und vielleicht auch muss.

Temporäre Anwendungen: Vliesstoff als Trenn- und Filterelement aus biobasierten, biologisch abbaubaren Fasern

Die mechanischen Anforderungen an Vliesstoffe bzw. die für deren Herstellung benötigten Fasermaterialien sind im Vergleich zu Bewehrungsprodukten eher niedrig. Es liegt daher nahe, die Eignung alternativer Rohstoffe in diesem Anwendungsbereich als Erstes zu untersuchen. Dies gilt insbesondere dann, wenn die Nutzungsdauer eines Vliesstoffes nur begrenzt ist. Das Einsatzspektrum und die Lebensdauer sind dabei abhängig von den Standortfaktoren wie den Boden-, Wasser- und Klimaverhältnissen des jeweiligen Projekts. Mögliche Anwendungsgebiete für einen biologisch abbaubaren Geobaustoff mit begrenzter Nutzungsdauer im Bahnbau sind:

- Trenn-, Filter- und Schutzlagen
- landschaftplanerische Begleitmaßnahmen
- Baustraßen
- Ufersicherung / naturnaher Gewässerausbau
- Erosions- und Steinschlagschutz
- Kolkschutz an Brücken- und Uferbauwerken.

Ein naheliegender und in der Praxis durchaus häufiger Anwendungsfall für Materialien mit begrenzter Nutzungsdauer ist der temporäre Wegebau. Aktuell werden hierfür nahezu ausschließlich Materialien mit nachgewiesenen Lebensdauern von 50 oder 100 Jahren eingesetzt, obwohl die Nutzungsdauer einer Baustraße oft auf wenige Monate Bauzeit begrenzt ist. Danach werden die Materialien rückgebaut und entsorgt oder im Untergrund belassen, obwohl deren Funktionalität nur noch eingeschränkt

oder gar nicht mehr erforderlich ist. Nach aktuellem Stand der Normung DIN EN 13249 [4], in der die Anforderungen und Nachweise der Dauerhaftigkeit von Geokunststoffen geregelt sind, könnten in diesem Fall – also z.B. eine Nutzungsdauer von weniger als fünf Jahren – alternativ auch Materialien verwendet werden, welche – zumindest teilweise – aus sogenanntem PCM (Rezyklat) oder PIM (Regenerat) hergestellt wurden. Die Abkürzung PCM oder „post-consumer material“ bzw. Rezyklat beschreibt gem. DIN EN 13250 [4] dabei Materialien, welche aus Haushalten oder gewerblichen, industriellen Einrichtungen und Institutionen stammen, die Endverbraucher des Produktes sind, welche nicht mehr länger für den vorgesehenen Zweck verwendet werden können; PIM oder „post-industrial material“ bzw. Regenerat ist Material, welches abgetrennt bei einem Herstellungsverfahren aus dem Abfallstrom gewonnen wird. Für die Verwendung biobasierter und biologisch abbaubarer Materialien, im Idealfall vielleicht sogar rein natürlicher Materialien, bestehen keine normativen Anforderungen. Demgegenüber ist die Überprüfung der Abbaubarkeit unter verschiedenen Bedingungen differenziert normativ geregelt. Dass die Verwendung biobasierter, nachgewiesener kompostierbarer und somit biologisch abbaubarer Materialien rein technisch völlig ohne Einschränkungen in der Funktionalität möglich sein kann, soll im folgenden Beispiel dargestellt werden.

Projektbeispiel: Baustraße mit biobasiertem, kompostierbarem Geotextil

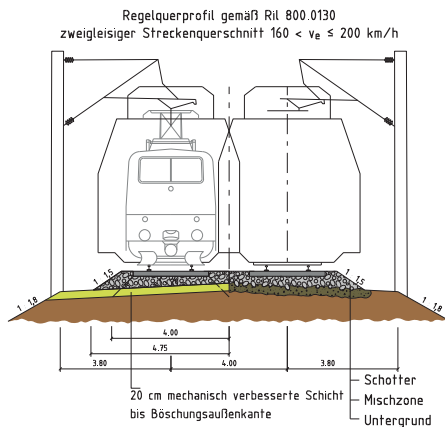
Eine Gewässerstützwand (Krainerwand) stützt in der Gemeinde Dettingen unter Teck den Mühlkanal ab. Da diese massiv in ihrer Standsicherheit beeinträchtigt und ein Abbruch von Nutzflächen in den Mühlbach zu befürchten war, wurde eine grundhafte Sanierung notwendig. Die dafür erforderlichen Arbeiten sollten von einer Insel zwischen der Lauter und dem Mühlkanal aus ausgeführt werden. Zur Baustelle führte nur ein privater Fußpfad zwischen der Lauter und dem Kanal. In Abstimmung mit den Behörden musste dieser – wie in Abb. 4 dargestellt – daher zu einer temporären Baustraße ausgebaut werden (Abb. 4), um die Befahrbarkeit für schweres Gerät wie Lkw und Bagger sicherzustellen. Am Ende der Baustraße war zudem ein Stellplatz für Baustellenfahrzeuge notwendig.

Um den Eingriff und Arbeiten in dem Waldgebiet zu minimieren, wurde bauherrenseitig besonderes Augenmerk auf eine umwelt- und materialschonende Ausführung gelegt. Anstelle der klassischen Bauweise aus mehreren Dezimeter starken mineralischen Bodenschichten wurde deshalb ein geotextiler Trennvliesstoff auf den vorhandenen Grund ausgelegt. Dies verhinderte die Vermischung der Schottertragschicht mit dem feinkörnigen Untergrund, wodurch die Befahrbarkeit der Baustraße in einer Mächtigkeit von nur 20 cm ermöglicht wurde. Neben dem Schottermaterial konnten so auch Transportfahrten und Bauzeit und damit die Kosten, aber

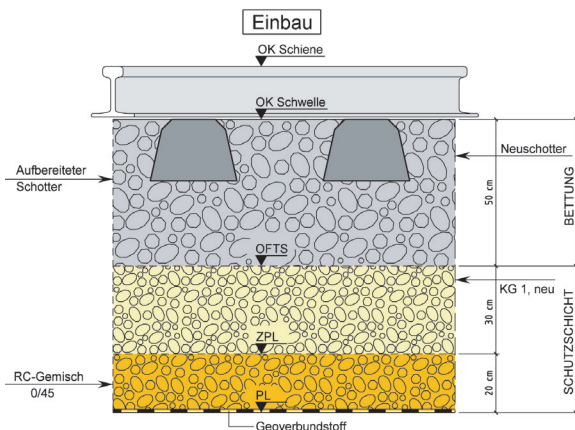


PM 1000-URM Infos und Video unter www.eurailpool.com

Gleisgebundener Tragschichteinbau auf höchstem Niveau
Bis zu 4 verschiedenen Trag- bzw. Trennschichten in einem Arbeitsgang



Variante: MVS – anstatt Korngemisch

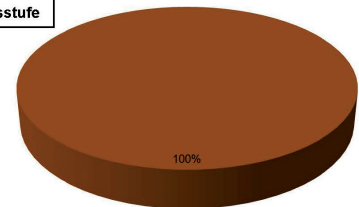


Variante: MVS und Geokunststoff mit Korngemisch

Verwertung im Gleis befindlicher Ressourcen

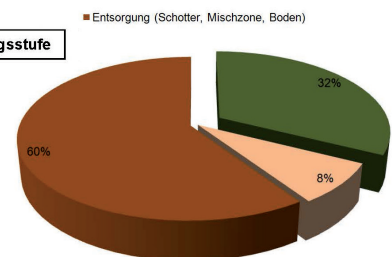
1. Entwicklungsstufe

PM 200-1
PM 200-2



2. Entwicklungsstufe

PM 200-2R
RPM



3. Entwicklungsstufe

PM 1000-URM

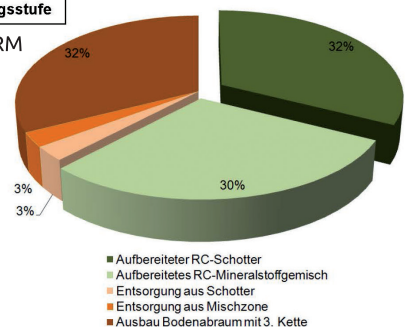




Abb. 4: Baustraße mit Schottererschicht auf biobasiertem Vliesstoff, Dettingen Quelle: [7]

auch die Umweltbeeinträchtigung durch den Bau reduziert werden. Der Nutzen von Geotextilien für diesen Einsatzzweck ist seit vielen Jahren bekannt und geregelt, z.B. im Merkblatt M Geok E-Stb. [8]. Für den Einsatz als Trenn- und Filterlage in einer Baustraße müssen Geotextilien neben ihren filtertechnischen Eigenschaften demnach vor allem ausreichend robust sein. M Geok E-Stb. [8] definiert dazu sogenannte Geotextil Robustheitsklassen (GRK), welche einerseits in Abhängigkeit von der Beschaffenheit des Planums (z.B. die Ebenheit) und des Tragschichtmaterials (z.B. Brechkorn oder Rundkorn, Korngröße), andererseits in Abhängigkeit von der Bauausführung (manuelle oder maschinelle Verlegung mit schwerem oder leichtem Gerät) gewählt werden. Im Regelfall fordert man für Baustraßen Materialien der GRK 3. Um den Einsatz von Baugerät zur Herrichtung des Verlegeplanums nach Rodung und Mulchung jedoch weitestgehend zu minimieren, entschied man sich für die Ausführung mit einem Material der Robustheitsklasse GRK 4. Dies erfolgte auch vor dem Hintergrund, dass die Baustraße nach Ende der Nutzung (nach ca.

vier Monaten) wieder zurück gebaut werden musste. Obwohl es sich bei dem eingesetzten Material um einen aus 100 % biobasierten Fasern gefertigten Vliesstoff handelt, konnten die zur Klassifizierung in die GRK 4 erforderlichen Anforderungen an Stempeldurchdruckkraft und Flächengewicht regelkonform nachgewiesen werden. Die Funktionalität des Materials war während der gesamten Nutzungsdauer gegeben. Nach dem Ausbau soll das Geotextil einer Kompostierungsanlage zugeführt und biologisch abgebaut werden.

Verwendung von PET-Recycling

Neben der Nutzung nachwachsender Rohstoffe ist das Recycling von Produkten, welche für ihren vorgesehenen Zweck nicht weiter genutzt werden können oder sollen, eine wesentliche Ressource. Obwohl gerade bei gewissenhafter Prozesssteuerung Recyclingmaterialien nicht zwangsläufig günstiger sind als fabrikneues Material, ist Recycling bereits aus rein strategischen Überlegungen in vielen Bereichen der Industrie seit langem verbreitet. Vor dem Hintergrund, dass mit dem Recyclingprozess eines Produktes – trotz sortenreiner Sammlung – ein Qualitätsverlust verbunden sein kann, wird oder wurde Recyclingmaterial jedoch sehr häufig pauschal mit „minderer Qualität“ assoziiert. Im Sinne einer idealen Kreislaufwirtschaft besteht somit die Herausforderung, den Recyclingprozess zunehmend derart zu gestalten, dass Produkte zukünftig nicht sukzessive downgecycelt werden, sondern den Kreislauf nach ihrer Wiederaufbereitung als fabrikneues Produkt verlassen. Im Bereich von Kunststoffprodukten liegt ein besonderer Fokus dabei auf der Beurteilung der Dauerhaftigkeit des recycelten Materials.

Abb. 5 zeigt exemplarisch die relative Festigkeit zweier PET-Garne nach einer Exposition von 28 Tagen bei 85°C im Wasserbad. Garn 1 ist dabei ein zu 100 % aus PET-Recycling hergestelltes Garn, Garn 2 ist ein vergleichbares Garn aus fabrikneuem PET. Das angeführte Beispiel zeigt, dass der relative Festigkeitsverlust des recycelten Garns geringer ist als der des fabrikneuen Garns. Im Hinblick auf die Dauerhaftigkeit lässt sich daraus ableiten, dass Fasermaterialien aus recyceltem PET offenbar derart hergestellt werden können, dass eine mindestens gleichwertige Langzeitbeständigkeit erwartet werden kann wie für fabrikneue PET-Fasern. Umso bedauerlicher ist, dass der Einsatz eines aus solchen Fasern hergestellten Produktes im Sinne der DIN EN 13249 [4] derzeit nur für eine maximale Nutzungsdauer von fünf Jahren möglich und für Bewehrungsfunktionen sogar ausgeschlossen ist. Neben der Frage nach der Dauerhaftigkeit und den technischen Eigenschaften eines recycelten Geokunststoffes ist auch von Bedeutung, ob der Recyclingprozess nicht nur technisch möglich und kontinuierlich ist, sondern auch, ob der Prozess in seiner Gesamtheit nachhaltig ist. Als Ergebnis einer solchen Analyse konnte gezeigt werden, dass das Global Warming Potential (GWP) für die Herstellung von einem Kilogramm

PET-Recycling-Garn im Vergleich zu fabrikneuem PET-Garn um mind. 35 % reduziert wird [10].

Womit kann der Bauherr die Entwicklung nachhaltiger Werkstoffe fördern?

In den vorgenannten Abschnitten konnte aufgezeigt werden, dass die Industrie sowohl im Bereich biobasierter und/oder biologisch abbaubarer Materialien als auch im Bereich des Recyclings wesentliche Fortschritte macht. Damit diese Neuerungen in der Praxis kurzfristig umgesetzt bzw. noch weiter vorangetrieben werden, ist es wichtig, diese Entwicklung sowohl durch Fortschreibung des einschlägigen Regelwerks als auch durch angemessene Wertschätzung der Bauherrschaft zu würdigen. In der Baupraxis bedeutet dies insbesondere auch eine Würdigung in Form von angemessenen Preisen. Genau wie bei einer privaten Kaufentscheidung z.B. für oder gegen nachhaltig und damit in der Regel aufwendiger erzeugte Lebensmittel darf auch der Zuschlag für das eine oder andere Geokunststoffprodukt zukünftig nicht ausschließlich auf Grundlage des Preises gefällt werden. Anders können die ehrgeizigen Ziele zur Reduzierung der globalen Erwärmung sicher nicht erreicht werden. Um dennoch nicht Gefahr zu laufen, jede Vergabeentscheidung juristisch begleiten zu müssen, muss in diesem Zusammenhang also geklärt werden, wie sich die allgemeinen Grundsätze gem. §97 Absatz 5 Gesetz gegen Wettbewerbsbeschränkungen (GWB) [11] „der Zuschlag wird auf das wirtschaftlichste Angebot erteilt“ mit dem Berücksichtigungsgebot gem. §13 Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG) [12] „... Kommen mehrere Möglichkeiten... in Frage, dann ist solchen der Vorzug zu geben, mit denen das Ziel der Minderung von Treibhausgasemissionen... erreicht werden kann“ in der Praxis unbürokratisch vereinen lassen. Gesicherte Daten, welche namhafte Hersteller für ihre Produkte im Rahmen ihrer Environmental Product Declarations (EPD) [13] veröffentlichen, können dabei eine wesentliche Rolle spielen. Neben solchen allgemeinen Regeln sollten darüber hinaus aber auch unternehmensinterne Leitlinien weiterentwickelt oder bereits formulierte Willensbekundungen zu einer nachhaltigen Unternehmensführung mit Leben gefüllt werden.

Zusammenfassung

Eine Vielzahl von Studien hat gezeigt, dass die Verwendung von Geokunststoffen in vielen Fällen kostengünstiger und ökologisch nachhaltiger ist als rein konventionelle Bauverfahren. Aufgrund technischer, aber auch normativer und bauvertraglicher Randbedingungen werden Geokunststoffe in der Praxis derzeit nahezu ausschließlich aus fabrikneuen Kunststoffen hergestellt. Sowohl mit der Entwicklung von biobasierten und unter kontrollierten Bedingungen nachweislich biologisch abbaubaren Geotextilien für temporäre Anwendungsfälle als auch mit der Entwicklung eines Recyclingprozesses für die Herstellung von PET-Fasermaterialien, deren Dauerhaftigkeit mit entsprechend

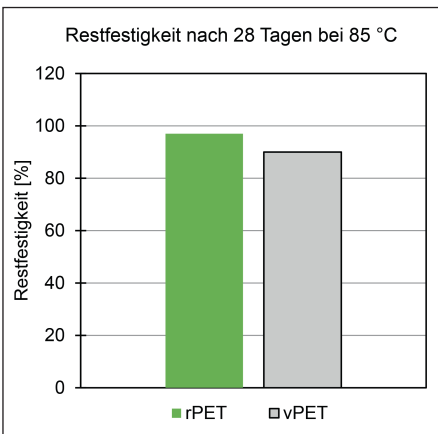


Abb. 5: Restfestigkeit von RC-PET-Fasern und fabrikneuen PET-Fasern nach 28 Tagen Lagerung bei 85°C Quelle: [9]

zu entwickelnden Verfahren ebenso prognostiziert werden kann wie die von fabrikneuem Material, hat die Industrie gezeigt, dass bereits ein erfolgversprechender Weg in Richtung einer noch nachhaltigeren Bauweise mit Geokunststoffen eingeschlagen wurde. Um bereits heute verfügbare Lösungen umsetzen und neue Entwicklungen weiter vorantreiben zu können, ist es erforderlich, dass Bauherrschaften und Politik die Industrie durch die Fortschreibung und Novellierung von Regelwerken, Normen und Vergabeprozessen unterstützen. ■

QUELLEN

- [1] WRAP (Waste & Resources Action Programme) Geosystems Report, Sustainable Geosystems in Civil Engineering Applications, February 2010
- [2] Stucki, M. u. a. (2011): EAGM (European Association of Geosynthetic Manufacturers), Studie: Comparative Life Cycle Assessment of Geosynthetics versus Conventional Construction Materials
- [3] DB Netz AG: DB Standard DBS 918039 – Technische Lieferbedingungen Geokunststoffe für den Eisenbahnbau, Frankfurt am Main, Oktober 2015
- [4] DIN EN 13250:2016-12: Geotextilien und geotextilverwandte Produkte – Geforderte Eigenschaften für die Anwendung beim Eisenbahnbau; Deutsche Fassung EN 13250:2016
- [5] Ebbert, S. et al.: Mikroplastik – Umgang eines Herstellers von Geokunststoffen und technischen Textilien mit dem Thema, in Tagungsunterlagen vom Altlastenseminar 2020 ICP, Band 37, 2020
- [6] Carus, M.: Renewable Carbon Concept and Initiative, in Proceedings off CCF_2nd international Conference on Cellulosic Fibres_2021
- [7] Naue News, Ausgabe 50, 12/2020
- [8] M Geok E-Stb. Merkblatt über die Anwendung von Geokunststoffen im Erdbau des Straßenbaus. Technische Regelwerke. FGSV-Nr.:535. ISBN:978-3-86446-141-5

- [9] Huesker Synthetic GmbH: Alterungsversuche an PET – Fasermaterial (unveröffentlicht)
- [10] Life Cycle Assessment of rPET and virgin PET – rdc environment final report 09/2009
- [11] GWB Gesetz gegen Wettbewerbsbeschränkungen in der Fassung der Bekanntmachung vom 26. Juni 2013 (BGBl. I S. 1750, 3245), das zuletzt durch Artikel 8 des Gesetzes vom 22. Februar 2021 (BGBl. I S. 266) geändert worden ist

- [12] Bundes-Klimaschutzgesetz vom 12. Dezember 2019 (BGBl. I S. 2513)
- [13] DIN EN 15804:2020-03, Nachhaltigkeit von Bauwerken - Umweltproduktdeklarationen - Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte; Deutsche Fassung EN 15804:2012+A2:2019
- [14] Schaubild für eine ideale Kreislaufwirtschaft für die Produktion und Verwendung von Geokunststoffen, Darstellung - HUESKER Synthetic

VDEI Fachausschuss
GEOTECHNIK



Dipl.-Ing. Hartmut Hangen
Leiter
Technische Schulungen – International
Anwendungstechnik
Huesker Synthetic GmbH, Gescher
hangen@huesker.de



Dipl.-Ing. Markus Hempel
Vertrieb / Produktmanagement
Bahnau
Naue GmbH & Co. KG, Espelkamp
mhempel@naue.com



Dr.-Ing. Helge Hoyme
Produktmanager GreenLine
Naue GmbH & Co. KG, Espelkamp
hhoyme@naue.com



M.Sc. Mika Jasmin Plum
Project Engineer Innovation
Huesker Synthetic GmbH, Gescher
plum@huesker.de

Secutex® Green

Der biologisch abbaubare Vliesstoff

NACHHALTIG

NACHWACHSENDE ROHSTOFFE

BIOLOGISCH ABBAUBAR

VERSTOFFWECHSELBAR

Secutex® Green ist erhältlich in GRK 2 bis GRK 5. Die biologische Abbaubarkeit ist vom TÜV Austria zertifiziert. Kontaktieren Sie uns für mehr Informationen.

NAUE
www.naue.com

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für Huesker Synthetic GmbH; Naue GmbH & Co. KG /
 Rechte für einzelne Downloads und Ausdrücke für Besucher der Seiten genehmigt / © DVV Media Group GmbH