

Neustadt in Holstein, den 6. April

2021

Diskussionsbeitrag von Prof. Dr.-Ing. Georg Heerten zur 17. Informations- und Vortragstagung über Kunststoffe in der Geotechnik - FS-KGEO 2021, eine digitale Veranstaltung der DGGT am 24. März 2021

zum Thema „Geokunststoffe und Umwelt“

Nach den sechs Vorträgen zum Thema „Geokunststoffe und Umwelt“ und der im digitalen Umfeld doch etwas eingeschränkten Diskussionsmöglichkeit soll auf einzelne Aspekte der Vorträge und der Diskussionen (z.B. der Frage nach der Größenordnung von Reifenabrieb) eingegangen werden und die Gesamthematik auch in einem etwas größeren Rahmen reflektiert werden.

Vorangestellt soll ausdrücklich betont werden, dass eine Sensibilisierung im Umgang mit polymeren Baustoffen und Bauprodukten - nicht nur bei Geokunststoffen, sondern auch bei anderen Baustoffen und Bauelementen aus polymeren Werkstoffen, wie z.B. Dämmmaterialien, Fenstern, Fassadenelementen, Rohren, Fugenbändern, Injektionen, Zuschlagsstoffen oder Anstrichen – erfolgen sollte. So sind auch die auf der 17. KGEO vorgetragenen konkreten Geotextil-Untersuchungen der BfG und der BAW, die sich auf den Einsatz von Geotextilien als Filterlagen im Deckwerksbau an Wasserstraßen beziehen, zu begrüßen, wobei allerdings der reale Bezug zur Situation auf der Baustelle und im Bauwerk nicht verloren gehen darf und eine ebenso kritische Betrachtung möglicher alternativer Bauweisen erfolgen müsste.

Sehr erfreulich ist, dass bereits bei einigen Geokunststoff-Herstellern Entwicklungen für z.B. den Einsatz alternativer, umweltfreundlicherer Stabilisatoren, für eine bessere Faserfixierung oder oberflächliche Fasersegmentabsaugung im Produktionsprozess bei vernadelten Vliesstoffen oder zum Einsatz biologisch abbaubarer Fasern ausgelöst wurden.

Der Einsatz biologisch abbaubarer Fasern geht aber zu Lasten der zu erwartenden und nachweisbaren Langzeitbeständigkeit, die dann auch nicht mehr, wie bei den polymeren Werkstoffen, unter Berücksichtigung des Arrhenius-Ansatzes beurteilt werden kann. In den letzten Jahrzehnten war der Nachweis der Langzeitbeständigkeit immer sehr entscheidend für die Akzeptanz von Geokunststoffen. Damit waren die beteiligten Rohstoff- und Produkthersteller aufgefordert, eine möglichst hohe Langzeitbeständigkeit entwicklungs-technisch durch verbesserte und möglichst kostengünstige Stabilisatoren zu erreichen.

Auf jeder Baustelle kommen Geotextilien sofort beim Einbau mit Untergrund und Überschüttungen in Kontakt - ein „sauberes“ Geotextil wie im Labor gibt es dann nicht mehr. Dies gilt besonders für Wasserbaustellen, wenn der Deckwerksbau unter Wasser und bei laufendem Schiffsverkehr erfolgt. Schon im Wasserkörper vorhandene Sedimente und Schwebstoffe werden durch die Baggerarbeiten noch zusätzlich erheblich angereichert. Das Geotextil kommt beim Einbau auf seiner Unter- und Oberseite damit nicht nur in Kontakt, sondern das offene Porensystem der vernadelten Vliesstoffe (90% Porenanteil) nimmt Boden-, Sediment- und Schwebstoffpartikel auf und die Partikel lagern sich im Geotextil an und ein. Diese Einlagerung kann, wie nachgewiesen wurde, ein Vielfaches des Geotextilgewichtes erreichen. Auch wenn bei diesen bereits lange zurückliegenden Aufgrabungen aus den 70-er Jahren des letzten Jahrhunderts vorrangig die noch vorhandenen (Rest-)Festigkeitsindizes als Indiz für die damals immer angezweifelte Langzeitbeständigkeit der Geotextilien interessierten, konnte gezeigt werden, dass eine über die Restfestigkeit nachzuweisende Schädigung der Geotextilien nur durch UV-Einwirkung oder Einbaubeschädigungen bewirkt wurde. War eine Geotextilprobe in der Zeitspanne vom Einbau bis zur Ausgrabung vor UV-Bewitterung geschützt und nicht durch Einbau sichtbar geschädigt, waren die damals schon bis zu 20 Jahre alten Proben von der Ansicht

und den Festigkeitswerten wie fabrikneu. Ob und in welchem Umfang vorhandene Stabilisatoren oder Fasersegmente vom Geotextil in diesem Zeitraum in die aquatische Umwelt gelangten, wurde damals (vor fast 50 Jahren) nicht untersucht. Auch waren die Rezepturen aus der Faserherstellung unbekannt bzw. Produktionsgeheimnis der Faserhersteller. Sicher ist aber, dass es bei den per Ansicht „fabrikneuen“ Geotextilien wegen der über den Nutzungszeitraum von teilweise über 20 Jahren mikroskopisch kleinen Mengen nicht möglich gewesen wäre, Spuren von Stabilisatoren oder Fasersegmente der Geotextilien im umgebenden Wasserkörper oder in der Gewässersohle zu detektieren.

Zur Beurteilung der möglichen Auswirkungen des Einsatzes von Geokunststoffen auf Klima und Umwelt gilt es aber auch, alternative Bauverfahren OHNE Geokunststoffe entsprechend zu untersuchen und zu bewerten, damit die „umweltfreundlichste“ Bauweise zur Ausführung kommt.

In den Medien und den gesellschaftspolitischen Debatten haben Themen wie Klimawandel, Energiewende, und Umweltverschmutzung aktuell eine prägende Bedeutung. Beim Thema Umweltverschmutzung stehen „Plastikabfälle“ besonders im Focus der Diskussion mit zum Teil radikalen und undifferenzierten Forderungen, z. B. nach dem „Ende des Kunststoff-Zeitalters in den nächsten zehn Jahren“ (NABU 2017).

Ohne Zweifel gibt es im Umgang mit „Plastik“ (dieser Begriff ist eigentlich schon viel zu oberflächlich und unpräzise) aktuell viel zu verbessern, um zumindest den Eintrag von Plastikrückständen und -abfall (Nano-, Mikro- und Makro-Plastik) in die Umwelt drastisch zu reduzieren. Bilder wie das folgende vom 26. März 2021 aus „[tagesschau.de](https://www.tagesschau.de)“ von einem mit Makro-Plastik zugemüllten Fluss sind einfach unerträglich:



Plastikflaschen und Müll treiben auf dem Fluss Tagaret in der Nähe von Oruro (Bolivien). Bild: AP (Bildtext von „[tagesschau.de](https://www.tagesschau.de)“)

Eine Lieferung von PET-Getränkeflaschen oder Getränkedosen in Länder ohne eine z.B. über ein Pfandsystem geförderte und gesicherte Leergutsammlung und -abfuhr und anschließendem Recycling bzw. anschließender Verwertung müsste unterbunden werden. Hierzu bedarf es allerdings zunächst der Sensibilisierung der Regierungen und der Bevölkerung in den betroffenen Ländern, um eine effiziente Müllsammel-Infrastruktur mit umweltgerechter Entsorgung (sichere Deponien / stoffliches und thermisches Recycling) aufzubauen.

Auch wenn wir in Deutschland bereits ein vergleichsweise vorbildliches Müllentsorgungs- und Verwertungs- / Recyclingsystem etabliert haben, ist „Plastik“-Müll auch bei uns ein die öffentlichen Diskussionen prägendes Thema, überwiegend befeuert durch den in der Umwelt achtlos entsorgten, aber sichtbaren Makro-Plastik-Müll (Einkaufstüten, PET-Getränkeflaschen, Einwegbecher, Fastfood-Verpackungen oder Zigarettenstummel). Doch auch Mikro- und Nano-Plastik-Abfälle oder Rückstände gilt es zu beachten.

In Deutschland werden aktuell etwa 75 Milliarden Zigaretten pro Jahr geraucht und ca. 75% davon landen als Zigarettenstummel, hergestellt aus Cellulose-Acetat (CA) bzw. Acetatfasern, in der Umwelt (andere Quellen sprechen von 80 bis 90 %). Bei einem Gewicht einer Zigarettenkippe von 0,3 g gelangen hierdurch etwa 22.500 t Müll pro Jahr (Makro-Plastik) mit giftigen Inhaltsstoffen wie Arsen, Blei, Chrom, Kupfer, Cadmium, Formaldehyd, Benzol, Nitrosamine und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) in die Umwelt.

Nach Angaben in der „Fraunhofer Umsicht“ (Juni 2018) ist in Deutschland von einer jährlichen Freisetzung von ca. 330.000 t primärem Mikro-Plastik in die Umwelt auszugehen (sekundäres Mikroplastik, das durch Verwitterung und Fragmentierung von Makro-Plastik entsteht und Makro-Plastik Müll, wie z.B. Zigarettenstummel, sind nicht enthalten):

Die zehn bedeutendsten Quellen der Freisetzung von primärem Mikro-Plastik in Deutschland bei der Berücksichtigung von 85 Millionen Einwohnern sind:

- Reifenabrieb ca. 100.000 t/a
- Abfallentsorgung ca. 25.000 t/a
- Abrieb von Polymeren und Bitumen in Asphalt ca. 18.500 t/a
- Pelletverluste ca. 15.000 t/a
- Verwehungen von Sport- und Spielplätzen ca. 11.000 t/a
- Freisetzung auf Baustellen ca. 10.000 t/a *
- Abrieb von Schuhsohlen ca. 9000 t/a
- Abrieb von Kunststoffverpackungen ca. 8000 t/a
- Abrieb von Fahrbahnmarkierungen ca. 7700 t/a
- Faserabrieb der Textilwäsche ca. 6500 t/a

* bei der Freisetzung auf Baustellen von ca. 10.000 t/a wird in der „Fraunhofer Umsicht“ noch wie folgt unterschieden:

- Abrieb bei Abbrucharbeiten ca. 7500 t/a (75 %)
- Verarbeitung von Kunststoffen auf der Baustelle ca. 2100 t/a (21 %)
- Abrieb / Schnittverluste Dämmungen ca. 140 t/a (2 %).

Im Vergleich zum „Plastik“-Müll Problem zeigt die aktuelle „Corona-Pandemie“, wie unersetzlich, nützlich und alternativlos Kunststoffe sein können. In der Pandemie-Bekämpfung werden Kunststoffe weltweit in großem Umfang eingesetzt, sei es für Infektionsschutz-Kleidung, Schutzmasken, medizinische Ausrüstung oder Beatmungsgeräte. Auch Beutel für Blutkonserven werden aus „Plastik“ hergestellt. Hier kommt sogar Polyvinylchlorid (PVC) zum Einsatz, ein polymerer Werkstoff mit besonderer Zusammensetzung (ca. 50 % Polyvinylchlorid und 50 % Füller und Weichmacher). Beim PVC gibt es damit die paradoxe Situation, dass Bauelemente aus PVC aus öffentlichen Gebäuden seit Jahren verbannt werden sollen, aber Blutkonserven in PVC-Beuteln angeliefert und verabreicht werden. PVC ist z.B. aber auch der bevorzugte Bodenbelag in Kliniken, da PVC vergleichsweise sehr kratzfest ist und damit wenig Haftgrund für Keime oder unerwünschte Verschmutzungen bietet und gut gereinigt werden kann.

Die Kunststoffgruppe der Polyolefine Polyethylen (PE) oder Polypropylen (PP), die häufig bei Geokunststoffen eingesetzt wird, ist auch „Plastik“, aber diese polymeren Werkstoffe bestehen zu über 95 % nur aus verketteten CH₂-Monomeren, aus denen beim Abbau (Oxydation) hauptsächlich ungiftiges Kohlendioxid (CO₂) und Wasser (H₂O) entsteht.

Nach den aus der „Fraunhofer Umsicht“ (Juni 2018) abgeleiteten aktuellen Angaben macht die Freisetzung von Mikroplastik auf Baustellen durch die Verarbeitung von Kunststoffen mit ca. 2100 t/a etwa 0,64 % der Emission von primärem Mikroplastik in Deutschland aus. Verarbeitet wurden im Bausektor im Jahre 2015 ca. 2,76 Mill t Kunststoffe. Das heißt, aus der Verarbeitung / Anwendung von jährlich ca. 2.760.000 t Primär-Kunststoff am Bau entstehen 2.100 t/a primäres Mikro-Plastik. Demnach gelangen 0,076 % des im Bausektor verarbeiteten Kunststoffs als primäres Mikroplastik in der Umwelt. Wenn man jetzt den Anteil der Geokunststoffe und dann folgerichtig den Anteil von Geotextilien im Wasserbau mit einem Volumen von etwa 1000 t/a an dieser Gesamtthematik misst, wird deutlich, wie mikroskopisch klein der Anteil von primärem Mikroplastik durch den Einsatz von Geotextilien im Wasserbau in einer Gesamtbetrachtung etwa ist: Von ca. 330.000 t/a jährliche Freisetzung von Mikroplastik in Deutschland entfallen 11.000 t/a (3,33%) auf die Freisetzung auf Baustellen einschließlich von Abbrucharbeiten, 2.100 t/a (0,64%) auf die Verarbeitung von Kunststoffen auf Baustellen und 0,76 t/a oder 0,00023% auf die Anwendung von Geotextilien im Wasserbau.

Um dem Klima- und Umweltschutz gerecht zu werden, müssten neben den Bauweisen mit Geokunststoffen auch die Alternativlösungen mit mineralischen Baustoffen im Hinblick auf ihre Umweltauswirkungen (Baggermengen, Deponierung, Gewinnung ggf. mit Sprengung (Kontaminierung der Umwelt durch Sprengmittelrückstände) und Brechvorgang, Transport, Einbau) entsprechend untersucht und beurteilt werden. Dies ist notwendig, um auszuschließen, dass man bei einer Baumaßnahme durch Verzicht auf Geotextilien mit einer alternativen mineralischen Lösung viel mehr Schadstoffe zur Befuerung des Klimawandels (CO₂ Emission) oder zur Umweltverschmutzung mit Mikroplastik (z.B. Reifenabrieb mit der Freisetzung von Styrol-Butadien-Rubber) freisetzt und wahrscheinlich auch noch erheblich höhere Baukosten in Kauf nimmt. Hier könnte (und müsste?) die WSV als öffentlicher Bauherr mit gutem Beispiel vorangehen, um die gesamte Klima- und Umweltrelevanz von Baualternativen bei der Planung, Ausschreibung, Ausführung und der späteren Unterhaltung von Bauwerken konkret vergleichend zur Ermittlung der optimalen Bauweise im Hinblick auf Klima- und Umweltschutz zu betrachten.

Mit Bezug zu Reifenabrieb und CO₂ Emission ergibt beispielhaft sich für eine fiktiv angenommene Deckwerksbaustelle allein für die alternative Ausführung der Deckwerksfilterlage (Geotextil-Filter, 4,5 mm dick / 600 g/m² schwer, im Vergleich zu 40 cm Mineralkornfilter) folgendes Bild:

- Reifenabrieb im Vergleich:

Annahmen:

- Reifenabrieb von Baustellen-Lkw (nach BAST 2008) 1.700 mg/km
- Nutzlast Bau-Lkw 20 t (4-Achs Kipper)
- Zusätzlicher Bodenaushub pro Kanal-km bei 40 cm Mineralfilter 10.800 t (15m Böschungslänge 0,40 m zusätzlicher Aushub und entsprechender Einbau von Mineralfilter gegenüber Geotextileinbau) >> Gesamtmenge Bodenaushub / Filtereinbau bei 1,8 t/ m³ spezifischer Masse des mineralischen Materials 21.600 t/km Kanalbaustelle >> 1.080 Lkw-Ladungen
- angenommene Transportentfernung 25 km in der Summe für Hin- und Rückfahrt (konservativ bzw. eher klein)

daraus ergibt sich ein Reifenabrieb für die Herstellung von 1km Kanal-Ausbaustrasse von $1.080 \times 25 \text{ km} \times 1.700 \text{ mg/km} = 45.900.000 \text{ mg/km}$ entsprechend 46 kg/km Kanalausbau.

Die Anlieferung eines geotextilen Filters mit einer einfachen Wegstrecke zur Baustelle von 300 km, einem Reifenabrieb eines Sattelzuges von 1.200 mg/km (nach BAST 2008) und einem Bedarf von ca. 15.000 m² pro Kanal-km (1 Sattelzugladung bei 600 g/m² = 9 t) führt zu einem Reifenabrieb von $1 \times 600 \text{ km} \times 1.200 \text{ mg/km} = 720.000 \text{ mg/km} = 0,72 \text{ kg/km}$ Kanalausbau.

Damit ist bei dieser Betrachtung mit den genannten Annahmen der Reifenabrieb bei der Ausbauvariante mit Mineralfilter etwa um den Faktor 65 höher als bei der Ausbauvariante mit Geotextil. Diese Mikro-Plastik-Last gelangt direkt in die Umwelt, da Straßenabläufe nicht geklärt, sondern generell über Straßenentwässerungssysteme direkt in den Boden / das Grundwasser und

weiter in den Vorfluter gelangen (über Kläranlagen landen etwa 99 % des Mikro-Plastiks im Klärschlamm).

Zum Reifenabrieb kommen noch die weiteren Schadstoffemissionen des Lkw-Betriebs (CO₂, Stickoxyde, Feinstaub...) dazu. Davon soll hier für die fiktive Baustelle nur kurz der CO₂-Ausstoß betrachtet werden.

- CO₂ Emissionen im Vergleich

Für den Geotextiltransport ergibt sich bei der oben genannten Fahrstrecke und dem Ladungsgewicht nach klimanko.de (CO₂-Rechner für den Lkw-Gütertransport) ein CO₂ Ausstoß von 0,277 t. Für den Lkw-Verkehr zum Transport der mineralischen Produkte ergibt sich dagegen ein CO₂ Ausstoß von 24,5 t. **Damit ist die Emission von klimaschädlichem CO₂ bei der Ausbauvariante mit mineralischem Filter bei den genannten Annahmen ca. 90 mal größer als bei der Baualternative mit Geotextil.** Dieses Verhältnis von ca. 1:90 zugunsten der Emissionen bei der Bauweise mit Geotextilien dürfte sich ebenso bei Stickoxyden und Feinstaub aus der Kraftstoffverbrennung (Diesel) ergeben.

Zusätzlich darf angenommen werden, dass bei der Bauweise mit Geotextilien gegenüber der mineralischen Lösung auch noch in erheblichem Umfang Baukosten eingespart werden.

Aus diesen Betrachtungen ergibt sich, dass öffentliche Bauherren die Bauweisen mit Geotextilien aus Gründen des Klima- und Umweltschutzes schon jetzt verbindlich einfordern müssten, wenn nicht gravierende technische Gründe dagegensprechen. Dies gilt besonders, wenn in Zukunft von Geotextilien, hergestellt aus entsprechenden Rohstoffen und Komponenten, keine Umweltgefährdung mehr ausgehen kann.