

Bewertung der Freisetzung umweltrelevanter Stoffe aus Geokunststoffen für Böschungs- und Sohlensicherungen und den Erdbau der Verkehrsträger Straße, Schiene, Wasserstraße

- Anlage 1: Prüfplan (Stand: 21.03.2024) -

Bundesanstalt für Gewässerkunde
Am Mainzer Tor 1
56068 Koblenz

Bundesanstalt für Straßenwesen
Brüderstraße 53
51427 Bergisch Gladbach

Deutsches Zentrum für Schienenverkehrsforschung beim Eisenbahn-Bundesamt
August-Bebel-Straße 10
01219 Dresden

mit fachlicher Unterstützung durch
Bundesanstalt für Wasserbau
Kußmaulstraße 17
76187 Karlsruhe



Inhalt

1	Allgemein.....	3
2	Geltungsbereich.....	3
3	Prüfverfahren.....	4
3.1	Allgemeines.....	4
3.2	Probenvorbereitung	4
3.3	Bestimmung der geometrischen Oberfläche	4
3.4	Durchführung der Elution und Auslaugverhältnis.....	4
3.5	Probenlagerung.....	6
3.6	Herstellung von Extrakten.....	6
4	Untersuchungsprogramm	7
4.1	Allgemeine Parameter.....	7
4.2	Stoffliche Parameter	7
4.3	Ökotoxikologische Untersuchungen.....	10
5	Dokumentation.....	10
6	Referenzen.....	11
Anhang 1	Musterprüfbericht	12
Anhang 2	Musterergebnisbericht	13

1 Allgemein

Die Prüfung der Umweltverträglichkeit von Geokunststoffen, die an Böschungs- und Sohlensicherungen und anderen baulichen Anlagen an Verkehrswegen eingesetzt werden, erfolgt in Anlehnung an die "Anforderungen an bauliche Anlagen bezüglich der Auswirkungen auf Boden und Gewässer (ABuG)". Das vorliegende Dokument beschreibt den Umfang der Grundprüfung im Hinblick auf die Freisetzung von gefährlichen Stoffen aus Geokunststoffen im Geltungsbereich der ZTV-W 210, der RiL 836 in Verbindung mit DBS 918.039 und des M Geok E in Verbindung mit TL Geok E-StB. Die Grundprüfung kann stellvertretend für eine Produktfamilie aus gleichen Faserrohstoffen an einem Produkt durchgeführt werden (Ausnahme: Bitumendichtungsbahnen).

2 Geltungsbereich

Der Prüfplan ist für die Bewertung der Freisetzung von gefährlichen Stoffen nach DIN EN 16637-2:2024-01 für Produkte und Materialien nach DIN EN ISO 10318-1:2018-10 vorgesehen, die in Kontakt mit Oberflächen-, Grund- und Sickerwasser stehen. Dies sind insbesondere die in den nachfolgenden Normen genannten Anwendungen.

DIN EN 13249:2016-12	Geotextilien und geotextilverwandte Produkte – Geforderte Eigenschaften für die Anwendung beim Bau von Straßen und sonstige Verkehrsflächen
DIN EN 13250:2016-12	Geotextilien und geotextilverwandte Produkte – Geforderte Eigenschaften für die Anwendung beim Eisenbahnbau
DIN EN 13251:2016-12	Geotextilien und geotextilverwandte Produkte – Geforderte Eigenschaften für die Anwendung in Erd- und Grundbau sowie Stützbauwerken
DIN EN 13252:2016-12	Geotextilien und geotextilverwandte Produkte – Geforderte Eigenschaften für die Anwendung in Dränanlagen
DIN EN 13253:2016-12	Geotextilien und geotextilverwandte Produkte – Geforderte Eigenschaften für die Anwendung in externen Erosionsschutzanlagen
DIN EN 13254:2018-01	Geotextilien und geotextilverwandte Produkte – Geforderte Eigenschaften für die Anwendung beim Bau von Rückhaltebecken und Staudämmen
DIN EN 13255:2018-01	Geotextilien und geotextilverwandte Produkte – Geforderte Eigenschaften für die Anwendung beim Kanalbau
DIN EN 13256:2016-12	Geotextilien und geotextilverwandte Produkte – Geforderte Eigenschaften für die Anwendung im Tunnelbau und in Tiefbauwerken
DIN EN 13361:2018-07	Geosynthetische Dichtungsbahnen – Eigenschaften, die für die Anwendung beim Bau von Rückhaltebecken und Staudämmen erforderlich sind
DIN EN 13362:2018-07	Geosynthetische Dichtungsbahnen – Eigenschaften, die für die Anwendung beim Bau von Kanälen erforderlich sind
DIN EN 13491:2018-07	Geosynthetische Dichtungsbahnen – Eigenschaften, die für die Anwendung beim Bau von Tunneln und Tiefbauwerken erforderlich sind

DIN EN 15382:2018-07	Geosynthetische Dichtungsbahnen – Eigenschaften, die für die Anwendung in Verkehrsbauten erforderlich sind
DIN EN 16994:2018-07	Geosynthetische Dichtungsbahnen – Eigenschaften, die für die Anwendung beim Bau von Tiefbauwerken (andere als Tunnel und damit verbundene Tiefbauwerke) erforderlich sind

Die Eignung des Prüfplans zur Anwendung auf andere als den hier genannten Einsatzgebieten ist zu prüfen.

3 Prüfverfahren

3.1 Allgemeines

Die Untersuchung erfolgt als Einzelbestimmung. Die Gewinnung der acht Eluate erfolgt in Anlehnung an DIN EN 16637-2:2024-01 bei einer Temperatur von 23 ± 2 °C ohne Rühren. Parallel zu jeder Elutionsreihe ist eine Blindprobe (Elution des Auslauggefäßes ohne Prüfkörper) mitzuführen.

3.2 Probenvorbereitung

Der zu untersuchende Prüfkörper ist nach DIN EN ISO 9862:2024-02 durch Stanzen oder Schneiden herzustellen.

3.3 Bestimmung der geometrischen Oberfläche

Die Oberfläche des Prüfkörpers ist als geometrische Oberfläche durch Abmessen der Kantenlängen mit einer Unsicherheit von ± 1 mm zu bestimmen. Es ist zu beachten, dass bei der Prüfung sowohl Ober- als auch Unterseite des Geokunststoffs zur Auslaugung beitragen. Entsprechend sind beide Flächen zu berücksichtigen (Beispiel: Ein rechteckiger Prüfkörper mit den Kantenlängen $a = 0,3$ m und $b = 0,25$ m hat eine zu berücksichtigende Oberfläche von $0,15$ m²). Die Oberflächen der Kanten bleiben unberücksichtigt. Alternativ kann die geometrische Oberfläche auch durch Wiegen mit einer Unsicherheit von $\pm 0,5$ g unter Berücksichtigung der flächenbezogenen Masse ermittelt werden (Beispiel: Die Einwaage von 100 g eines Prüfkörpers mit einer flächenbezogenen Masse von 500 g/m² entspricht einer zu berücksichtigenden Oberfläche von $0,4$ m²).

3.4 Durchführung der Elution und Auslaugverhältnis

Die Elutionsprüfung erfolgt in Anlehnung an DIN EN 16637-2:2024-01 mit einem Verhältnis von Volumen des Elutionsmittels zur Fläche des Prüfkörpers von (20 ± 1) L/m². Um eine ausreichende Menge an Elutionsmittel für die nachfolgenden Analysen zu gewährleisten, wird die Auslaugung eines Probenkörpers mit einer gesamten Oberfläche (Ober- und Unterseite) von mindestens 1500 cm² (beispielsweise 30×25 cm Kantenlänge) in 3 L Wasser empfohlen. Wenn bei voluminösen Geokunststoffen die gemäß DIN EN 16637-2:2024-01 geforderten Abstände zu Gefäßwand und Oberfläche des Elutionsmittels nicht einhaltbar sind, auch wenn die Abmessungen des Auslaugbehälters optimiert sind, ist zumindest sicherzustellen, dass der Prüfkörper vollständig mit Elutionsmittel bedeckt ist.

In der Tabelle 1 sind für verschiedene Produktfamilien typische Flächengewichte in g/m² angegeben. Es wird empfohlen, zur Prüfung diese entsprechenden, für die Produktfamilie repräsentativen Flächengewichte bei der Testung einzusetzen. Stehen nur Produkte mit einer abweichenden flächenbezogenen Masse als in Tabelle 1 für die Testung zur Verfügung, kann aus Gründen der

Praktikabilität von dieser Vorgehensweise abgewichen werden. Dazu wird die Masse eines repräsentativen Prüfkörpers nach Tabelle 1 berechnet durch:

$$m_{\text{Prüfkörper}} = \frac{\text{Gesamtoberfläche (gem. Abschn. 3.3)}}{2} \times \text{Flächenbez. Masse (gem. Tabelle 1)}$$

Alternativ kann nun die gleiche Masse eines Prüfkörpers mit abweichender flächenbezogener Masse getestet werden. So könnten z.B. anstatt eines Prüfkörpers mit einer Gesamtoberfläche von 1500 cm² und einem Flächengewicht von 500 g/m² auch zwei Prüfkörper mit einem Flächengewicht von 250 g/m² mit einer Oberfläche von jeweils 1500 cm², insgesamt folglich 3000 cm² getestet werden. Die sich dabei verändernde geometrische Oberfläche bleibt bei wasserdurchlässigen Produkten (z.B. Vliesstoffe) aufgrund der identischen inneren Oberfläche unberücksichtigt.

Bei wasserundurchlässigen Produkten (z.B. Dichtungsbahnen) sind Prüfstücke mit geringerer flächenbezogener Masse durch Aufeinanderlegen so anzuordnen, dass die dem Elutionsmittel zugewandte Oberfläche der des charakteristischen Prüfstücks entspricht. Bei wasserundurchlässigen Produkten mit größerer flächenbezogener Masse resultiert bei dieser Vorgehensweise ein größeres V/A-Verhältnis. Dieses darf 80 L/m² nicht übersteigen.

In allen Fällen ist ein Volumen des Elutionsmittels zu verwenden, das sich bei Prüfung der in Tabelle 1 aufgeführten flächenbezogenen Masse ergibt (z.B. 3 L für 1500 cm²).

Die Berechnung der flächenbezogenen Freisetzung erfolgt anhand der Oberfläche, welche sich bei Prüfung der in Tabelle 1 aufgeführten flächenbezogenen Masse ergeben würde (hier 1500 cm²).

Grundlegend ist die Prüfung am Gesamtprodukt durchzuführen. Ist die Prüfung am Gesamtprodukt aus technischen Gründen nicht realisierbar, z.B. bei Tondichtungsbahnen, so sind die Einzelmaterialien mit geeigneten Verfahren getrennt zu bewerten.

Tabelle 1: Repräsentative flächenbezogene Massen verschiedener Geokunststoffe

Produktgruppe	Kurzbezeichnung nach DIN EN ISO 10318-1	Charakteristische flächenbezogene Masse
Vliesstoff	GTX-N	500 g/m ²
Maschenware	GTX-K	500 g/m ²
Gewebe	GTX-W	500 g/m ²
Gitter	GGR	500 g/m ²
Netz	GNT	500 g/m ²
Matte	GMA	500 g/m ²
Zelle	GCE	500 g/m ²
Band	GST	500 g/m ²
Spacer	GSP	500 g/m ²

Erosionsschutzmatte	GBL	500 g/m ²
Kunststoffdichtungsbahn	GBR-P	1.500 g/m ²
Tondichtungsbahn	GBR-C	Geokunststoffkomponente ohne Tonkomponente ^a 500 g/m ²
Bitumendichtungsbahn	GBR-B	Geokunststoff inkl. Bitumen ^b
Verbundstoff	GCO	Geokunststoffkomponenten im Verbund ^c 500 g/m ²

a: Dieser Prüfplan regelt ausschließlich die Prüfung der Geokunststoffkomponenten. Die Prüfung erfolgt an der gesamten Geokunststoffkomponente. Alternativ kann die Prüfung anhand der Einzelkomponenten (z.B. Trägermaterial und Deckschicht separat) erfolgen. Die charakteristische flächenbezogene Masse gilt für jede Einzelkomponente.

b: Keine charakteristische flächenbezogene Masse. Die Prüfung erfolgt am jeweiligen Produkt. Eine Übertragung auf andere Produkte einer Produktfamilie ist nicht zulässig.

c: Alternativ kann die Prüfung anhand der Einzelkomponenten erfolgen. Die charakteristische flächenbezogene Masse gilt für jede Einzelkomponente.

3.5 Probenlagerung

Die Eluate sollten möglichst unmittelbar nach der Probenahme analysiert werden, um Veränderungen der ursprünglichen Zusammensetzung durch physikalische und chemische Reaktionen und/oder biologische Prozesse zu vermeiden. Ist dies nicht möglich, sind die Proben für den Transport und die Lagerung zwischen 2 °C und 8 °C zu kühlen oder bei ≤ -18 °C einzufrieren. Die Zeitspanne zwischen Probenahme und Ökotoxizitätsprüfung (Lagerzeit) soll maximal 48 h (gekühlte Proben) bzw. 2 Monate (gefrorene Proben) betragen (DIN EN ISO 5667-16:2019-03). Für die chemischen Analysen, nicht aber für die ökotoxikologischen Analysen, können die Proben mit einer geeigneten Methode stabilisiert und unter Berücksichtigung der Anforderungen an die Probenkonservierung nach DIN EN ISO 5667-3:2019-07 auch später analysiert werden.

3.6 Herstellung von Extrakten

Eine Prüfung auf die Freisetzung der organischen Schadstoffe PAKs, Naphthalin und Mineralölkohlenwasserstoffe kann alternativ durch Extraktion mit organischen Lösemitteln erfolgen. Die Herstellung der Extrakte erfolgt nach DIN ISO 18287:2006-05 Extraktionsverfahren A. Die in Abschnitt 3.4 beschriebenen Verhältnisse von Auslaugmittel zu Prüfkörperoberfläche (V/A-Verhältnis) sind jeweils einzuhalten.

Liegt der Gehalt im organischen Extrakt unterhalb der maximal tolerierbaren Emissionswerte entsprechend Tabelle 1 des Bewertungskonzepts „Bewertung der Freisetzung umweltrelevanter Stoffe aus Geokunststoffen“, kann die Prüfung der Eluate des DSL-Testes entfallen.

4 Untersuchungsprogramm

Das Untersuchungsprogramm gliedert sich in die Teile ‚allgemeine Parameter‘ inklusive der Bestimmung der biologischen Abbaubarkeit bei einer Überschreitung des TOC (Abschnitt 4.1). In Abschnitt 4.2 sind stoffliche Parameter definiert, die mittels chemischer Analytik zu quantifizieren sind. Der Abschnitt 4.3 listet die notwendigen ökotoxikologischen Untersuchungen an ausgewählten Eluaten auf.

4.1 Allgemeine Parameter

Die folgenden Parameter sind unmittelbar nach der Probenahme und in jedem Prüfwasser (Eluat 1 bis Eluat 8) inklusive Blindprobe zu bestimmen:

Tabelle 2: Allgemeine Parameter

Parameter	Vorschrift
Geruch	DIN EN 1622:2006-10
Färbung/Trübung	DIN EN ISO 7887:2012-04
Schaumbildung	zu beschreiben
pH-Wert	DIN EN ISO 10523:2012-04
Elektrische Leitfähigkeit	DIN EN 27888:1993-11
Gesamter organischer Kohlenstoff (TOC)	DIN EN 1484:2019-04
Bei einem TOC-Gehalt > 10 mg/l muss die biologische Abbaubarkeit des eluierten TOC bestimmt werden.	OECD 301 B:1992-07 (vergleichbar mit EN ISO 9439) oder OECD 301 F:1992-07 (vergleichbar mit EN ISO 9408)

4.2 Stoffliche Parameter

Die folgenden Parameter sind mindestens in Eluat 1 und Eluat 7 inklusive der Blindprobe zu bestimmen. Werden in Eluat 1 oder Eluat 7 Analyten oberhalb der Bestimmungsgrenzen (BG) aus Tabelle 3 gemessen, müssen die Eluate 2-6 und Eluat 8 ebenfalls auf diesen Analyten analysiert werden. Für die Auswahl der Parameter wurden die Stoffliste für den Wirkungspfad Boden-Grundwasser der neugefassten BBodSchV (Anlage 2, BGBl. 2021 Teil I Nr. 43, S. 2734 ff.) und die Parameter der Anlagen 6 und 8 der OGewV in Verbindung mit den von der Europäischen Kommission am 26.10.2022 vorgeschlagenen Änderungen der Wasserrahmenrichtlinie¹ zugrunde gelegt. Innerhalb Deutschlands und/oder der EU nicht zugelassene oder verbotene Substanzen (z.B. POP-VO) werden hier nicht berücksichtigt und müssen bei Verdacht gesondert geprüft werden. Bei Produkten aus natürlichen Fasern werden Pestizide ebenfalls als relevant eingestuft. Details hierzu werden noch formuliert. Für Produkte aus synthetischen Fasern werden Pestizide als nicht relevant eingestuft. Die angegebenen geforderten Bestimmungsgrenzen (BG) richten sich nach den Umweltqualitätsnormen der OGewV bzw. den Prüfwerten der BBodSchV.

Für jeden in Tabelle 3 geforderten Analyten ist die Summe der acht Eluate als kumulierte Menge zu berichten, welche zur Bewertung herangezogen wird. Liegt der Messwert für ein oder mehrere Eluate unterhalb der jeweiligen Bestimmungsgrenze, wird der Wert der Bestimmungsgrenze jeweils kumuliert.

¹ Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council amending Directive 2000/60/EC – Annex V, European Commission, Brussels, 26.10.2022

Tabelle 3: Stoffliche Parameter

Parameter	CAS-Nummer	Vorschrift	BG [$\mu\text{g/L}$]
Antimon	7440-36-0	DIN ISO 22036:2009-06 DIN EN ISO 17294-2:2017-01 DIN 38405-32:2000-05	5 ^a
Blei	7439-92-1	DIN ISO 22036:2009-06 DIN EN ISO 17294-2:2017-01 DIN 38406-6: 07.98	1,2 ^b
Cadmium	7440-43-9	DIN ISO 22036:2009-06 DIN EN ISO 17294-2:2017-01 DIN EN ISO 5961: 05.95	0,25 ^b
Kupfer	7440-50-8	DIN ISO 22036:2009-06 DIN EN ISO 17294-2:2017-01 DIN 38406-7: 09.91	50 ^a
Kobalt	7440-48-4	DIN ISO 22036:2009-06 DIN EN ISO 17294-2:2017-01 DIN 38406-24: 1993	10 ^a
Molybdän	7439-98-7	DIN ISO 22036:2009-06 DIN EN ISO 17294-2:2017-01 DIN EN 16171:2017-01	35 ^a
Nickel	7440-02-0	DIN ISO 22036:2009-06 DIN EN ISO 17294-2:2017-01 DIN 38406-11: 09.91	4 ^b
Silber	7440-22-4	DIN ISO 22036:2009-06 DIN EN ISO 17294-2:2017-01	0,01 ^c
Zink	7440-66-6	DIN ISO 22036:2009-06 DIN EN ISO 17294-2:2017-01 DIN 38405-23: 10.80	600 ^a
Benzol	71-43-2	DIN 38407-43:2014-10	1 ^a
Naphthalin	91-20-3	DIN 38407-43:2014-10	2 ^a
BTEX	-	DIN 38407-43:2014-10	20 ^a
Leichtflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe (LHKW)	-	DIN 38407-43:2014-10 DIN EN ISO 10301: 08.97	20 ^a
Phenol	108-95-2	DIN 38407-27:2012-10 ISO/DIS 8165-2:01.97	80 ^a
PAK ₁₆	-	DIN 38407-39:2011-09 DIN ISO 18287:2006-05	0,2 ^a
Mineralölkohlenwasserstoffe	-	EN 14039:2005-01 ISO/TR 11046: 06.94	200 ^a
Bisphenol-A (BPA)	80-05-7	DIN EN ISO 18857-2:2012-01	1,7 x 10 ⁻⁴ d,e
Nonylphenol	84852-15-3	DIN EN ISO 18857-1:2007-02	0,3 ^a
Octylphenol	140-66-9	DIN EN ISO 18857-1:2007-02	0,1 ^a
Bis(2-ethyl-hexyl) phthalat (DEHP)	117-81-7	DIN EN ISO 18856:2005-11	1,3 ^a
Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS)	355-46-4	DIN 38407-42:2011-03 DIN 38414-14:2011-08	0,1 ^a
Perfluorbutansäure (PFBA)	375-22-4	DIN 38407-42:2011-03 DIN 38414-14:2011-08	10 ^a
Perfluorbutansulfonsäure (PFBS)	375-73-5	DIN 38407-42:2011-03 DIN 38414-14:2011-08	6 ^a
Perfluorhexansäure (PFHxA)	307-24-4	DIN 38407-42:2011-03	6 ^a

		DIN 38414-14:2011-08	
Perfluorononansäure (PFNA)	375-95-1	DIN 38407-42:2011-03 DIN 38414-14:2011-08	0,06 ^a
Perfluorooctansäure (PFOA)	335-67-1	DIN 38407-42:2011-03 DIN 38414-14:2011-08	0,1 ^a
Perfluoroktansulfonsäure (PFOS)	1763-23-1	DIN 38407-42:2011-03 DIN 38414-14:2011-08	0,1 ^a
Per- und Polyfluorierte Substanzen (Summe 24) ^f	-	DIN 38407-42:2011-03 DIN 38414-14:2011-08	0,0044 ^{c,e}

a: Prüfwert der BBodSchV (Anlage 2, BGBl. 2021 Teil I Nr. 43, S. 2734 ff.)

b: Jahresdurchschnitts-Umweltqualitätsnorm für oberirdische Gewässer gemäß Anlage 8 OGW

c: Jahresdurchschnitts-Umweltqualitätsnorm für oberirdische Gewässer gemäß Anlage V des "Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council amending Directive 2000/60/EC" vom 26.10.2022

d: UQN-Vorschlag für BPA entsprechend EFSA-Neubewertung (<https://circabc.europa.eu/ui/group/9ab5926d-bed4-4322-9aa7-9964bbe8312d/library/7b4a890a-388c-439e-ac11-06d2bd4439ea/details>)

e: Bestimmungsgrenzen für „Bisphenol-A“ bzw. „Per- und Polyfluorierte Substanzen (Summe 24)“ soweit technisch realisierbar

f: Dies bezieht sich auf die folgenden Verbindungen, die mit ihrer CAS-Nummer, ihrer EU-Nummer und ihrem Relativen Potenzfaktor (RPF) aufgeführt sind: Perfluorooctansäure (PFOA) (CAS 335-67-1, EU 206-397-9) (RPF 1), Perfluorooctansulfonsäure (PFOS) (CAS 1763-23-1, EU 217-179-8) (RPF 2), Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS) (CAS 355-46-4, EU 206-587-1) (RPF 0,6), Perfluorononansäure (PFNA) (CAS 375-95-1, EU 206-801-3) (RPF 10), Perfluorbutansulfonsäure (PFBS) (CAS 375-73-5, EU 206-793-1) (RPF 0,001), Perfluorhexansäure (PFHxA) (CAS 307-24-4, EU 206-196-6) (RPF 0,01), Perfluorbutansäure (PFBA) (CAS 375-22-4, EU 206-786-3) (RPF 0,05), Perfluorpentansäure (PFPeA) (CAS 2706-90-3, EU 220-300-7) (RPF 0,03), Perfluorpentansulfonsäure (PFPeS) (CAS 2706-91-4, EU 220-301-2) (RPF 0,3005), Perfluordecansäure (PFDA) (CAS 335-76-2, EU 206-400-3) (RPF 7), Perfluordodecansäure (PFDoDA oder PFDoA) (CAS 307-55-1, EU 206-203-2) (RPF 3), Perfluorundecansäure (PFUnDA oder PFUnA) (CAS 2058-94-8, EU 218-165-4) (RPF 4), Perfluorheptansäure (PFHpA) (CAS 375-85-9, EU 206-798-9) (RPF 0,505), Perfluortridecansäure (PFTrDA) (CAS 72629-94-8, EU 276-745-2) (RPF 1,65), Perfluorheptansulfonsäure (PFHpS) (CAS 375-92-8, EU 206-800-8) (RPF 1,3), Perfluordecansulfonsäure (PFDS) (CAS 335-77-3, EU 206-401-9) (RPF 2), Perfluortetradecansäure (PFTeDA) (CAS 376-06-7, EU 206-803-4) (RPF 0,3), Perfluorhexadecansäure (PFHxDA) (CAS 67905-19-5, EU 267-638-1) (RPF 0,02), Perfluorooctadecansäure (PFODA) (CAS 16517-11-6, EU 240-582-5) (RPF 0,02), Ammoniumperfluor(2-Methyl-3-oxahexanoat) (HFPO-DA oder Gen X) (CAS 62037-80-3) (RPF 0,06), Propansäure/Ammonium-2,2,3-trifluor-3-(1,1,2,2,3,3-hexafluor-3-(trifluormethoxy)propoxy)propionat (ADONA) (CAS 958445-44-8) (RPF 0,03), 2-(Perfluorhexyl)ethylalkohol (6:2 FTOH) (CAS 647-42-7, EU 211-477-1) (RPF 0,02), 2-(Perfluorocetyl)ethanol (8:2 FTOH) (CAS 678-39-7, EU 211-648-0) (RPF 0,04) und Essigsäure/2,2-difluor-2-((2,2,4,5-tetrafluor-5-(trifluormethoxy)-1,3-dioxolan-4-yl)oxy)-(C6O4) (CAS 1190931-41-9) (RPF 0,06).

4.3 Ökotoxikologische Untersuchungen

Die folgenden Parameter sind mindestens in Eluat 1, Eluat 2 und Eluat 7 zu bestimmen (Prüfwasser und Blindproben). Die Eluate 1 und 2 können dabei zu gleichen Teilen vereinigt und als Mischung getestet werden. Da die verwendeten Testorganismen zum Teil sehr empfindlich auf osmotischen Stress reagieren, sind die zu testenden Eluate erst ab einer Verdünnung von 1 → 2 zu untersuchen. Die ermittelten G-Werte sind aber immer durch mindestens zwei weitere, höhere Verdünnungsstufen zu bestätigen.

Tabelle 4: Ökotoxikologische Parameter

Prüfspezies	Norm	Auswertung
Daphnientest mit <i>Daphnia magna</i>	DIN EN ISO 6341:2013-01	G _D , wenn möglich EC ₅₀ (48 h)
Algentest mit <i>Desmodesmus subspicatus</i> oder <i>Raphidocelis subcapitata</i> (veraltet: <i>Pseudokirchneriella subcapitata</i>)	DIN EN ISO 8692:2012-06	G _A , wenn möglich EC ₅₀ (72 h)
Leuchtbakterien-Lumineszenz-Hemmtest mit <i>Aliivibrio fischeri</i> (veraltet: <i>Vibrio fischeri</i>)	DIN EN ISO 11348:2023-12	G _L , wenn möglich EC ₅₀ (30 min)
Fischartest mit <i>Danio rerio</i>	DIN EN ISO 15088:2009-06	G _{Ei} , wenn möglich EC ₅₀ (48 h)
umu-Test mit <i>Salmonella typhimurium</i> TA 1535/pSK1002 oder Ames-Fluktuationstest	ISO 13829:2000-03 oder ISO 11350:2012-05	G _{umu} oder G _{Ames}

5 Dokumentation

Es ist ein Prüfbericht anzufertigen, der alle Schritte der Untersuchungen dokumentiert. Ein Musterprüfbericht befindet sich in Anhang 1.

Alle Ergebnisse der allgemeinen Parameter, der stofflichen Parameter und der ökotoxikologischen Untersuchungen werden tabellarisch berichtet (siehe Anhang 2). Zusätzlich wird für die chemischen Parameter die kumulierte Freisetzung über alle acht Eluate berichtet. Die Angabe der stofflichen Parameter und der zugehörigen kumulierten Freisetzung erfolgt in (mg/m²).

6. Referenzen

ABuG - Anforderungen an umweltrelevante Bauteile aus organischen Materialien bezüglich biologischer Auswirkungen, Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV-TB) Anhang 10, Deutsches Institut für Bautechnik, 2020.

DBS 918.039 – Technische Lieferbedingungen Kunststoffteile im Oberbau, DB Netz AG, Frankfurt, 2009.

DIN EN 16637-2:2024-01, Bauprodukte - Bewertung der Freisetzung von gefährlichen Stoffen - Teil 2: Horizontale dynamische Oberflächenauslaugprüfung; Deutsche Fassung EN 16637-2:2023

DIN EN 16637-3:2024-01, Bauprodukte - Bewertung der Freisetzung von gefährlichen Stoffen - Teil 3: Horizontale Perkulationsprüfung im Aufwärtsstrom; Deutsche Fassung EN 16637-3:2023

EiTB – Eisenbahnspezifische Technische Baubestimmungen, Eisenbahn-Bundesamt, Bonn, 2023.

FGSV, Merkblatt über die Anwendung von Geokunststoffen im Erdbau des Straßenbaus (M Geok E) Hg. v. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln, 2016.

M Geok E - Merkblatt über die Anwendung von Geokunststoffen im Erdbau des Straßenbaus, FGSV, Köln, 2016.

MVV-TB - Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen, Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt), Berlin, 2023.

RiL 836 - Richtlinie RiL 836 der Deutschen Bahn AG: Erdbauwerke und sonstige geotechnische Bauwerke planen, bauen und instandhalten, DB Netz AG, Frankfurt, 2020.

TL Geok E-StB - Technische Lieferbedingungen für Geokunststoffe im Erdbau des Straßenbaus, FGSV, Köln, 2019.

ZTV-W 210 - ZTV-W LB 210 Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen - Wasserbau (ZTV-W) für Böschungs- und Sohlensicherungen (Leistungsbereich 210), Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, 2015.

Anhang 1 Musterprüfbericht

Prüflabor

Produkt

Logo Labor

Prüfbericht

zur Freisetzung umweltrelevanter Stoffe aus Geokunststoffen

Labor:		Produktbezeichnung:						
Erstellt durch:		Hersteller:						
		Herstellungsort:						
Produktgruppe gem. DIN EN ISO 10318-1:								
Nr. der Bescheinigung der Konformität der WPK:								
Nr. der Leistungserklärung:				Harmonisierte EN:				
Vorgesehener Verwendungszweck:								
Rohstoffarten und Anteile:								
Flächenbezogene Masse (gem. DIN EN ISO 9864):								
Datum Probenahme:								
Probenahmeverfahren:								
Probenbezeichnung/Probennummer:								
Eingangsdatum Laborprobe:								
Lagerungsbedingung Laborprobe:								
Verwendete Prüfvorschrift:								
Datum der Prüfung (Beginn und Ende):								
Abmessungen des Prüfkörpers:								
Oberfläche des Prüfkörpers in Kontakt mit Elutionsmittel:								
Masse des Prüfkörpers:								
Methode zur Bestimmung der Oberfläche:								
Verwendete Elutionsvolumina:								
Elutionsschritt:	1	2	3	4	5	6	7	8
Volumen:								
Datum und Uhrzeit des Wechsels:								
V/A-Verhältnis:								
Abweichungen von der Prüfvorschrift:								
Bemerkungen:								
Ort, den				Unterschrift				

Anhang 2 Musterergebnisbericht

Probenbezeichnung/Probennummer:		
Labor und Bearbeiter:		
Analyt:		
Messverfahren:		Bestimmungsgrenze:
Eluat-Nr.	Konzentration im Eluat [$\mu\text{g/L}$]	Freisetzung r [mg/m^2]
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
Summe	R ₆₄ [mg/m^2]:	