Vorarlberg
unser Land

Untersuchungsschwerpunkt Kulturerden

Schadstoffuntersuchungen im Rahmen des Bodenmonitorings

Umweltinstitut – Bericht UI-01/2023
Institut für Umwelt und Lebensmittelsicherheit des Landes Vorarlberg

Untersuchungsschwerpunkt Kulturerden

Schadstoffuntersuchungen im Rahmen des Bodenmonitorings

Gesamtbearbeitung:
Katharina Sexlinger
Email: katharina.sexlinger@vorarlberg.at

Unter Mitarbeit von:
Arkin Darici, Silvina Dria, Walter Hämmerle, Monika Humer, Norbert Lerchster, Monika Schmieder, Rebecca Wimmer

Impressum
Herausgeber und Medieninhaber:
Amt der Vorarlberger Landesregierung
Römerstraße 15, 6901 Bregenz

Verleger:
Institut für Umwelt und Lebensmittelsicherheit des Landes Vorarlberg
Montfortstraße 4, 6901 Bregenz
T +43 5574 511 42099

Titelbild: Kompostwerk
Quelle: Umweltinstitut

Bregenz, Mai 2023

Inhalt

1 Einleitung 2

2 Ergebnisse 3

2.1 Schwermetalle 3

2.2 Mineralölkohlenwasserstoffe 4

2.3 Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) 4

2.4 Polychlorierte Biphenyle (PCB) 5

2.5 Hexachlorbenzol (HCB) 5

2.6 Polychlorierte Dibenzodioxine und Furane (PCDD/F) 6

2.7 Polybromierte Diphenylether (PBDE) 6

2.8 Per- und Polyfluorierte Alkylsubstanzen (PFAS) 7

2.9 Fremdstoffe 9

2.10 Nährstoffe 9

3 Zusammenfassung 9

4 Literatur 10

1 Einleitung

Im Rahmen des gesetzlichen Bodenmonitorings wurde 2022 ein Schwerpunkt auf die Untersuchung von Erdenprodukten gelegt. Es wurden bei vier unterschiedlichen Herstellern in Vorarlberg Proben von insgesamt acht Kulturerden gezogen und auf Schad- und Nährstoffe untersucht.

Ausgangsstoffe für die Erden sind je nach Produkt Kompost, mineralischer Bodenaushub unterschiedlicher Texturklassen (Lehm, Schluff, Sand), Torf, Zuschlagstoffe (Blähton, Ziegelsplit, Holz-, Kokosfasern) sowie mineralische und organische Dünger (Tabelle 1). Die untersuchten Erden werden als Gartenerde, Hochbeeterde, Rasenerde, EM-Erde oder Mehrzweckerde vermarktet und an Firmen und Privatkunden abgegeben.

Der Untersuchungsumfang umfasste neben der Untersuchung der pflanzenverfügbaren Nährstoffe Phosphor und Kalium die Analyse von Schwermetallen, Mineralölkohlenwasserstoffen, Polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK 16), Polychlorierten Biphenylen (PCB 7), Hexachlorbenzol (HCB) sowie Fremdstoffen. Fünf der acht Proben wurden zusätzlich auf die organischen Schadstoffe Per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen (PFAS), Polychlorierte Dibenzodioxine und –furane (PCDD/F) und Polybromierte Diphenylether (PBDE) untersucht.

Bewertet werden die Schadstoffgehalte nach den Vorsorge- und Grenzwerten für Materialien und Boden der Vorarlberger Bodenqualitätsverordnung (BQV). Kulturerden sind meist eine Mischung aus Boden und Kompost und werden für unterschiedliche Zwecke eingesetzt. Bei der Anwendung im privaten Bereich kommen Kulturerden oft als Füllmaterial für Hochbeete zum Einsatz bzw. im Landschaftsbau zum Aufbau einer humosen Bodenschicht. In diesen Fällen wären Kulturerden aus fachlicher Sicht wie Boden zu beurteilen. Beim Aufbringen auf den Boden in geringeren Mengen zur Bodenverbesserung sind Kulturerden als Materialien anzusehen. Aufgrund dieser Sonderrolle werden sowohl die Materialgrenzwerte als auch die Vorsorge- und Grenzwerte für Boden herangezogen.

Tabelle 1: Untersuchte Erdenprodukte

Probe	***Produktart***	***Ausgangsstoffe (lt. Hersteller)***
E1	Gartenerde	Bodenaushub, ungedüngt, keine weiteren Informationen
E2	Gartenerde	Grünschnittkompost - Qualitätsklasse A+, mineralisches Bodenmaterial, mineralischer Stickstoffdünger, organischer Dünger
E3	Rasenerde	Grünschnittkompost - Qualitätsklasse A+, mineralisches Bodenmaterial, Ziegelsplit 0-8 mm, mineralischer Stickstoffdünger
E4	Hochbeeterde	Grünschnittkompost - Qualitätsklasse A+, mineralisches Bodenmaterial, Blähton gebrochen, mineralischer Stickstoffdünger, organischer Dünger
E5	EM-Erde	regionaler Grünschnitt, Urgesteinsmehl, effektive Mikroorganismen
E6	Mehrzweckerde	Grünschnittkompost, Kompost, Sand
E7	Gartenerde	Weißtorf, Schwarztorf, Qualitätskompost, Sand
E8	Hochbeeterde	Rindenhumus, Schwarzerde (Erdaushub organisch durchsetzt), Qualitätskompost, Holzfasern, Kokosfasern, Grunddüngung biologisch

2 Ergebnisse

2.1 Schwermetalle

Die Ergebnisse der Schwermetalluntersuchung sind in Tabelle 2 dargestellt. Alle nachgewiesenen Schwermetallgehalte liegen unter den in der Bodenqualitätsverordnung festgelegten Grenzwerten.

Quecksilber konnte nur bei zwei Proben über der Bestimmungsgrenze nachgewiesen werden. Beide Werte liegen unter dem Grenzwert von 0,7 mg/kg TM.

Kupfer wurde in einer Probe mit einer Konzentration von 61 mg/kg TM nachgewiesen. Dieser Wert liegt unter dem Grenzwert für Materialien, ist jedoch im Vergleich mit den restlichen Proben erhöht und liegt über dem Bodenvorsorgewert der BQV. Die restlichen Proben zeigten unauffällige Kupfergehalte. Arsen, Blei, Cadmium, Chrom und Nickel wurden in unauffälligen Konzentrationen nachgewiesen.

Zink wurde in Konzentrationen zwischen 44 und 200 mg/kg TM nachgewiesen. Diese liegen alle unter dem festgelegten Materialgrenzwert von 500 mg/kg TM. Probe E5 zeigt jedoch mit 200 mg/kg TM im Vergleich einen erhöhten Wert welcher über dem Vorsorgewert für Boden liegt (150 mg/kg TM).

Zusammenfassend können bezogen auf den Schwermetallgehalt sieben von acht Proben als unauffällig beurteilt werden. Als auffällig kann eine Probe (E5) mit erhöhten Kupfer und Zink-Werten bezeichnet werden, welche über den Vorsorgewerten für Boden der BQV liegen.

Tabelle 2: Schwermetallgehalte in den Erdenproben (mg/kg TM)

Probe	***As***	***Pb***	***Cd***	***Cr***	***Cu***	***Ni***	***Hg***	***Zn***
E1	5,4	15	0,19	21	24	21	< 0,05	80
E2	5,1	13	0,18	14	33	15	< 0,07	80
E3	5,9	12	0,15	14	22	16	< 0,07	67
E4	6,4	18	0,25	19	32	21	< 0,07	100
E5	< 5,0	18	0,31	23	61	16	0,11	200
E6	< 5,0	13	0,18	26	30	18	0,08	100
E7	< 5,0	8,3	0,13	24	13	19	< 0,05	44
E8	< 5,0	8,5	0,19	12	15	10	< 0,05	54
GW Materialien		120	1	100	150	60	0,7	500
VW Boden		100	0,5	100	60	60	0,5	150
GW Boden		200	1	200	120	120	1	300

2.2 Mineralölkohlenwasserstoffe

Mit dem Kohlenwasserstoff-Index werden die Gesamtgehalte an mittel- und schwerflüchtigen Mineralölkohlenwasserstoffen festgestellt. In zwei Proben wurden mit 580 bzw. 320 mg/kg TM stark erhöhte Werte für Kohlenwasserstoffe gefunden. Beide Werte überschreiten den mit 200 mg/kg TM festgelegten Bodenvorsorgewert der BQV.

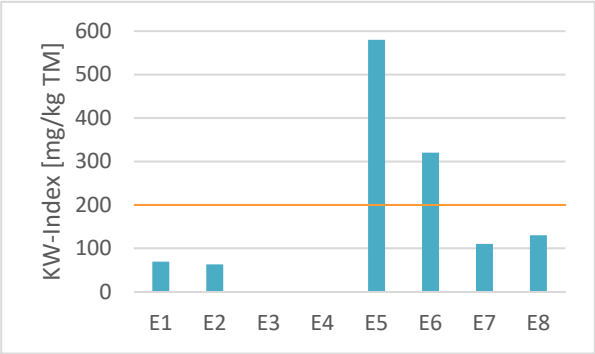

Abbildung 1: Gehalte an Kohlenwasserstoffen (KW-Index), orange Linie: Bodenvorsorgewert der BQV

2.3 Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)

Die Gehalte an polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (EPA PAK-16) liegen ebenfalls alle unter dem in der BQV für Materialien festgelegten Grenzwert von 6 und dem Vorsorgewert für Boden von 2 mg/kg TM. Die Werte reichen von 0,14 – 1,4. Als auffällig kann Probe E5 bezeichnet werden, welche im Vergleich zu den restlichen Proben mit einem Gehalt von 1,4 mg/kg TM einen stark erhöhten Wert zeigt. Den größten Anteil an der Summe der 16 PAKs machen die Verbindungen Fluoranthen und Pyren aus.

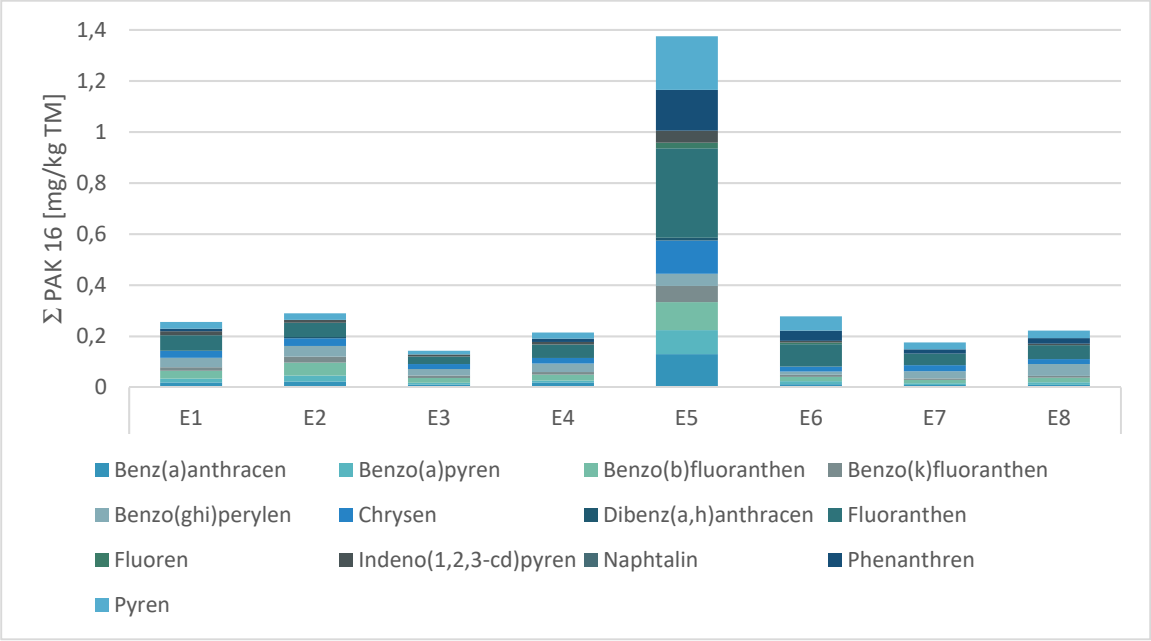

Abbildung 2: Gehalte an Polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen – Summe der 16 Einzelsubstanzen nach EPA

2.4 Polychlorierte Biphenyle (PCB)

Die Summengehalte für die 7 PCB-Kongenere zeigten Gehalte zwischen 2,9 und 14 µg/kg TM. Alle Werte liegen damit unter dem festgelegten Materialgrenzwert (1 mg/kg TM) sowie dem Bodenvorsorgewert (0,1 mg/kg TM) der BQV. Den höchsten Anteil an der Σ PCB 7 haben die beiden höher chlorierten PCBs 138 und 153.

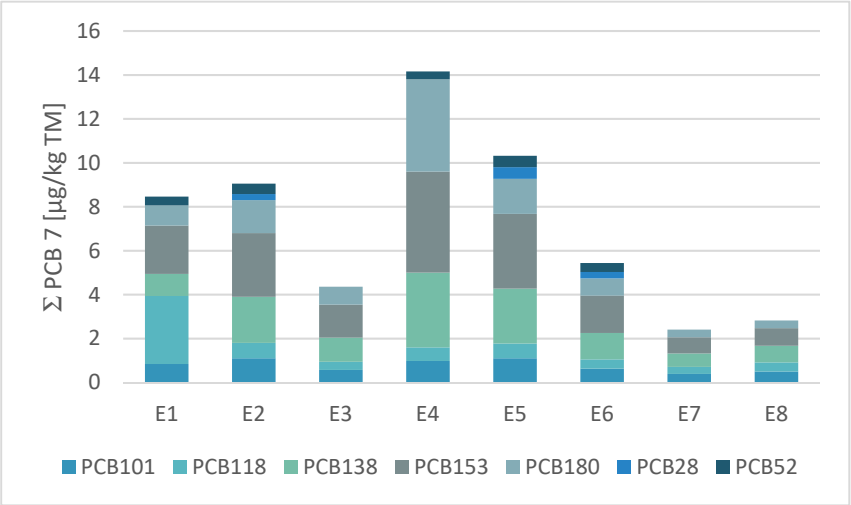

Abbildung 3: Gehalte an Polychlorierten Biphenylen; Summe der Einzelkomponenten (PCB 7)

2.5 Hexachlorbenzol (HCB)

In 7 von 8 Proben wurden Spuren von Hexachlorbenzol (0,4 – 1 µg/kg TM) nachgewiesen. In der BQV ist für HCB ein Bodenvorsorgewert von 3 µg/kg TM festgelegt, welcher von allen Proben unterschritten wird.

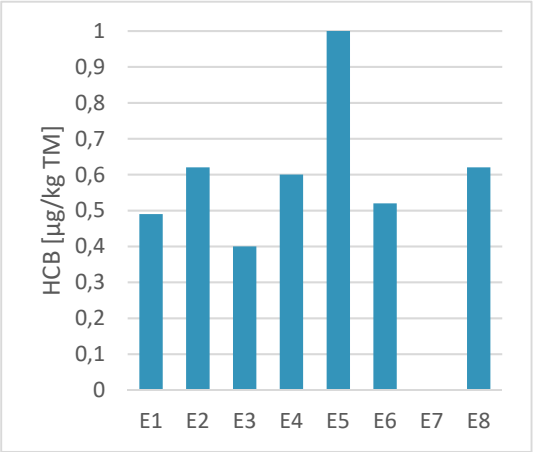

Abbildung 4: Gehalt an Hexachlorbenzol (HCB)

2.6 Polychlorierte Dibenzodioxine und Furane (PCDD/F)

Die Untersuchung der Proben auf polychlorierte Dibenzodioxine und –Furane zeigte Gehalte zwischen 0,67 – 2,1 ng/kg TM (TEQ – PCDD/F I-TEF). Alle Werte liegen somit unter den festgelegten Grenz- und Vorsorgewerten (50 ng I-TEQ/kg TM für Materialien bzw. 10 ng I-TEQ/kg TM für Boden).

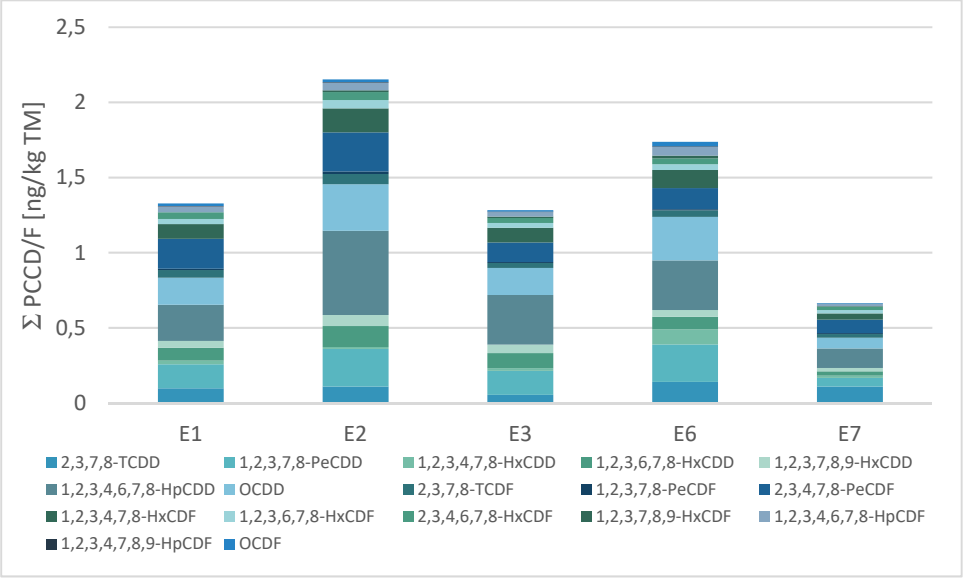

Abbildung 5: Gehalte an PCCD/F in Toxizitätsäquivalenten (I-TEF)

2.7 Polybromierte Diphenylether (PBDE)

Die Untersuchung der polybromierten Diphenylether umfasste 20 verschiedene Kongenere[1]. In allen Proben wurden mindestens 17 Kongenere nachgewiesen, wobei BDE 209 in allen Proben deutlich dominierte. Mit großem Abstand folgen die Kongenere BDE 99 und BDE 47. Die Summenwerte der 20 PBDEs liegen zwischen 2,14 und 11,82 µg/kg TM. Zusätzlich wurden weitere sogenannte neuartige Flammschutzmittel wie DBDPE und PBT nachgewiesen. Für PBDEs sind keine Grenzwerte in der BQV definiert. Auch in der Literatur finden sich nur vereinzelt vergleichbare Werte. In der Studie AustroPOPS in der die gleichen 20 PBDEs untersucht wurden, wurde für Grünlandböden ein Medianwert von 2 µg/kg TM und ein Maximum von 14 µg/kg TM gefunden. Eine Untersuchung von biogenen Abfällen in Deutschland zeigte für 8 PBDE Kongenere (inkl. BDE 209) für Grünschnittkompost einen Medianwert von 14 und für Bioabfallkompost einen Medianwert von 36 µg/kg TM.

[1] BDE 28, BDE 47, BDE 49, BDE 66, BDE 77, BDE 85, BDE 99, BDE 100, BDE 118, BDE 126, BDE 139, BDE 153, BDE 154, BDE 181, BDE 183, BDE 196, BDE 197, BDE 203, BDE 207 und BDE 209

Tabelle 3: Gehalte an PBDEs und weiteren bromierten Flammschutzmitteln

Probe	*ΣPBDE*	*HBB*	*BTBPE*	*DBDPE*	*p-TBX*	*PBT*	*PBEB*	*PBB 153*	*syn-DP*	*anti-DP*
E1	9,91	< 0,0048	n.n.	3	< 0,002	0,0052	n.n.	n.n.	0,36	1,5
E2	9,54	< 0,0048	n.n.	7,2	n.n.	0,0062	n.n.	n.n.	0,65	2
E3	6,35	< 0,0048	n.n.	3,2	n.n.	0,0072	n.n.	n.n.	0,31	1,9
E6	11,82	< 0,0048	n.n.	17	0,0045	0,0052	< 0,0021	n.n.	1	2,7
E7	2,14	< 0,0048	n.n.	14	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	< 0,16	0,67

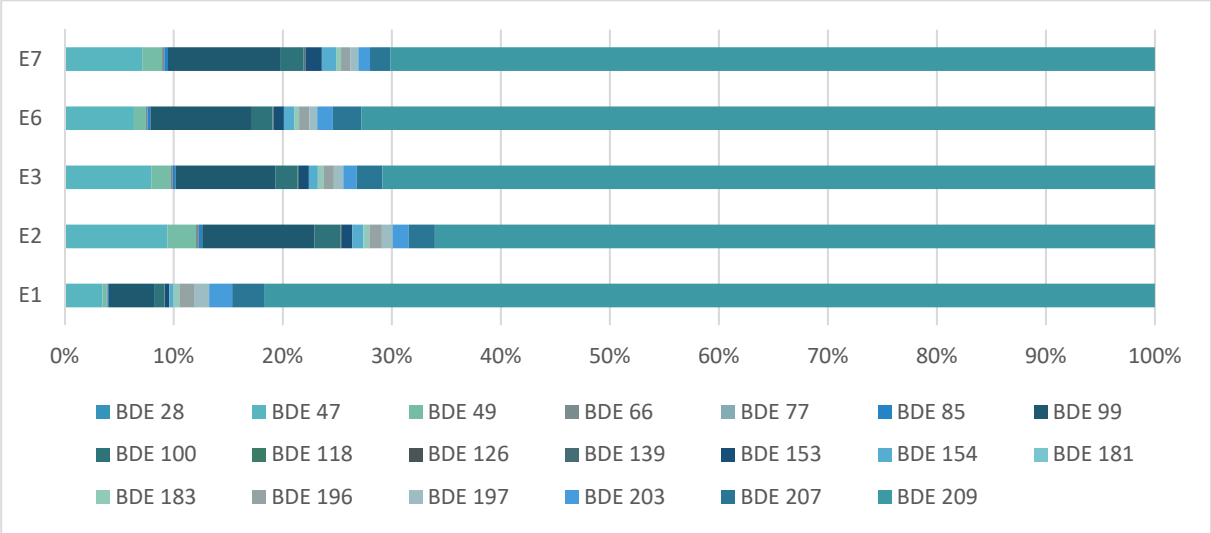

Abbildung 6: Kongenerenmuster der untersuchten PBDEs.

2.8 Per- und Polyfluorierte Alkylsubstanzen (PFAS)

Per- und Polyfluorierte Alkylsubstanzen wurden sowohl im Feststoff als auch im Eluat untersucht. Im Feststoff wurden in vier von fünf Proben PFAS nachgewiesen. Es handelte sich dabei um die Stoffe PFHxA, PFOA, PFBS und PFOS. Die Gesamtgehalte der analysierten PFAS pro Probe betrugen zwischen 0,5 und 3,4 µg/kg TM (Abbildung 7). Im Eluat wurden Gesamtgehalte zwischen 0,05 und 0,9 µg/l festgestellt, welche sich im Vergleich zum Feststoff aus mehreren Einzelsubstanzen zusammensetzen (Abbildung 8). Für PFAS sind in der BQV keine Grenzwerte definiert. Im Bundesabfallwirtschaftsplan sind für Bodenaushubmaterialien Grenzwerte von 2 µg/kg (Gesamtgehalt) bzw. 1 µg/kg (Eluat) festgelegt.

Zusätzlich zur Untersuchung der Einzelsubstanzen wurde der Summenparameter AOF (Adsorbierbares organisches Fluor) bestimmt. Dieser bildet das gesamte Fluor aus organischer Herkunft ab. Zu diesen Fluorverbindungen gehören PFAS sowie auch fluorierte Pflanzenschutzmittel und Arzneimittel. Die Analysen zeigten einen sehr hohen Gehalt an unbekannten Fluorverbindungen (Tabelle 4). Es ist davon auszugehen, dass die untersuchten Proben weitere organische Fluorverbindungen enthalten.

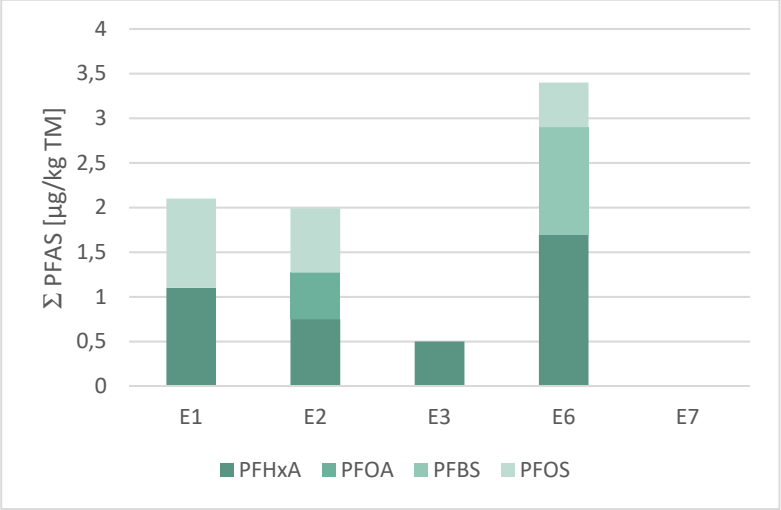

Abbildung 7: Summe der nachgewiesenen PFAS Einzelsubstanzen im Feststoff

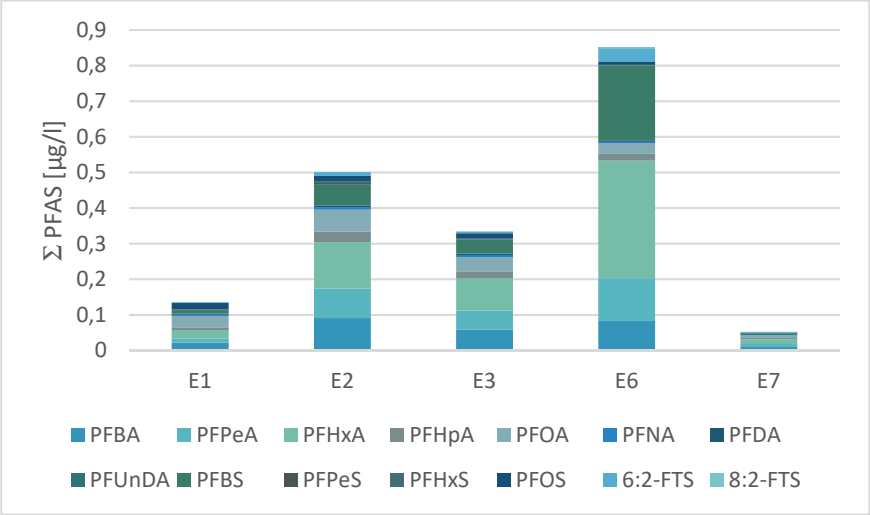

Abbildung 8: Summe der nachgewiesenen PFAS Einzelsubstanzen im Eluat

Tabelle 4: Ergebnisse des AOF-Summenparameters verglichen mit den Ergebnissen der Einzelstoff-Analytik im Eluat (Summe PFAS berechnet als Fluor) in µg/l

Probe	***Fluor-Anteil in Σ PFAS***	***unbekannter Fluor-Anteil***
E1	0,09	33,91
E2	0,32	12,68
E3	0,22	37,78
E6	0,54	119,46
E7	0,03	5,97

2.9 Fremdstoffe

Alle Proben wurden auch auf das Vorhandensein von Fremdstoffen (Plastik, Metall, Glas) untersucht. Erfreulicherweise wurden in keiner Probe Fremdstoffe > 2 mm festgestellt.

2.10 Nährstoffe

Die gemessenen Nährstoffgehalte zeigen, dass die Proben ausreichend bis sehr hohe Gehalte an pflanzenverfügbarem Phosphor und Kalium aufweisen. Probe 3 und Probe 7 weisen etwas geringere Nährstoffgehalte auf. Probe 5 weist bei beiden Nährstoffen einen sehr hohen Gehalt auf.

Probe	*P2O5*	*K2O*
E1	100	410
E2	110	460
E3	85	270
E4	130	420
E5	330	920
E6	120	430
E7	38	200
E8	260	210

Tabelle 5: Gehalte an pflanzenverfügbaren Nährstoffen: Phosphat als P2O5 und Kalium als K2O in mg/100 g

3 Zusammenfassung

Mit einzelnen Ausnahmen wurden in allen Proben geringe Mengen der untersuchten Schadstoffe festgestellt. Die Gehalte lagen jedoch alle unter den Grenzwerten für Materialien der Vorarlberger Bodenqualitätsverordnung. Jedoch wurden jeweils einmal die Bodenvorsorgewerte für Kupfer und Zink sowie zweimal für Kohlenwasserstoffe überschritten. Als auffällig kann Probe E5 bezeichnet werden. Bei dieser Probe wurden erhöhte Gehalte an Kupfer und Zink sowie Mineralölkohlenwasserstoffen festgestellt. Im Vergleich mit den restlichen Proben waren auch die Werte der PAK 16 auffällig erhöht. Durchgehend im Vergleich am wenigsten belastet war Probe E7.

Aufgrund der unterschiedlichen Anwendung von Kulturerden, einerseits als Material zur Bodenverbesserung andererseits zum Aufbau einer humosen Bodenschicht, wurden sowohl die Materialgrenzwerte als auch die Vorsorgewerte für Boden der BQV zu Beurteilung herangezogen. Die Belastung von Kulturerden mit Schadstoffen ist häufig von den Ausgangsmaterialien abhängig.

Tabelle 6: Einhaltung (grün) der Materialgrenzwerte bzw. Bodenvorsorgewerte bzw. Überschreitung (orange) des Bodenvorsorgewertes je Parameter

	As	Pb	Cd	Cr	Cu	Ni	Hg	Zn	KW	PAK	PCB	HCB	PCDD/F	Fremd-stoffe
E1														
E2														
E3														
E4														
E5														
E6														
E7														
E8														

4 Literatur

Verordnung der Landesregierung zur Durchführung des Gesetzes zum Schutz der Bodenqualität (Bodenqualitätsverordnung) LGBl.Nr. 77/2018 idF. 57/2022. Land Vorarlberg. https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=LrVbg&Gesetzesnummer=20001457

Bayerisches Landesamt für Umwelt (2012): Medienübergreifende Umweltanalytik verschiedener persistenter polybromierter Flammschutzmittel. Augsburg. https://www.lfu.bayern.de/publikationen/get_pdf.htm?art_nr=lfu_all_00109

Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus (BMLRT) (2021): Tulipan, M.; Friesl-Hanl, W.; Offenthaler, I.; Scharf, S. et al.: Forschungsprojekt AustroPOPs – Monitoring von Organischen Schadstoffen in Böden Österreichs, Endbericht. https://dafne.at/projekte/austropops

Institut für Umwelt und Lebensmittelsicherheit des Landes Vorarlberg
Montfortstraße 4, 6901 Bregenz
T +43 5574 511 42099
E umweltinstitut@vorarlberg.at
www.vorarlberg.at/umweltinstitut