Vorarlberg
unser Land

Klärschlammkompost – Düngung in der Landwirtschaft

Bericht 2018 - Auswertung der zentralen Klärschlammbuchhaltung

Umweltinstitut - Bericht UI-10/2019
Institut für Umwelt und Lebensmittelsicherheit des Landes Vorarlberg

Klärschlammkompost - Düngung in der Landwirtschaft

Bericht 2018 - Auswertung der zentralen Klärschlammbuchhaltung

Autor:
Monika Humer
Email: monika.humer@vorarlberg.at

Unter Mitarbeit von:
Werner Bader, Fabienne Beran, Arkin Darici, Rainer Florineth, Walter Hämmerle, Norbert Lerchster, Lukas Mark (Ferialpraktikant), Christoph Scheffknecht, Monika Schmieder, Katharina Sexlinger (Verwaltungspraktikantin)

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: Kompost und Siebmaschine (Fa. Loacker, Lustenau 2019)
Quelle: Monika Humer

Bregenz, Juni 2019

Inhalt **1**

1 Einleitung **2**

2 Klärschlammkompostierung in Vorarlberg **2**

3 Landwirtschaftliche Düngung mit Klärschlammkompost **2**

4 Qualität des Klärschlammkompostes **5**

5 Untersuchungen von landwirtschaftlichen Klärschlammkompostflächen **7**

5.1 Bodenprobenahme und Analyse 7

5.2 Untersuchungsparameter 7

5.3 Ergebnisse 8

5.3.1 Düngeparameter 8

5.3.2 Anorganische Schadstoffe 11

5.3.3 Organische Schadstoffe 16

6 Literatur **21**

1 Einleitung

Das Land Vorarlberg bekennt sich zu einer kontrollierten und ökologisch sinnvollen Kreislaufwirtschaft. Dies bedeutet, dass Klärschlämme (KS) von einwandfreier Qualität in kompostierter und somit biologisch stabilisierter Form für die Phosphordüngung **landwirtschaftlicher Flächen** eingesetzt werden können. Die Qualitätsanforderungen sind im Vorarlberger Klärschlammgesetz sowie in der Vorarlberger Klärschlammverordnung festgelegt. Eine gezielte Kontrolle der Einsatzstoffe und Endprodukte sowie der Flächen, auf welche die Komposte ausgebracht werden, bietet im Sinne der Umweltvorsorge die notwendige Sicherheit.

2 Klärschlammkompostierung in Vorarlberg

In Vorarlberg wird an vier Standorten der anfallende Klärschlamm kompostiert. Größter Klärschlammkompost-Hersteller ist die Firma Branner Entsorgungs GmbH am Standort Rankweil. Daneben kompostiert die Firma Loacker Recycling GmbH (ehemals Fa. Häusle) am Standort Lustenau sowie die Abwasserreinigungsanlagen (ARAs) Bregenz und Bezau KS-Kompost (Anmerkung: die ARA Bezau liefert keinen KS-Kompost in die Landwirtschaft, sondern verwertet ihn über Kleinmengenabgabe). Die Kompostierung von entwässertem Klärschlamm erfolgt in der Regel durch Zugabe von Strukturmaterial (Strauch- und Grünschnitt oder Holzspäne) in Mieten.

3 Landwirtschaftliche Düngung mit Klärschlammkompost

Jede Lieferung von Klärschlammkompost auf landwirtschaftliche Böden für Düngezwecke wird über ein Datenverbundsystem, der sogenannten Klärschlammbuchhaltung, erfasst. Bevor jedoch ein Boden mit Klärschlammkompost gedüngt werden darf, muss festgestellt werden ob er auch dafür geeignet ist. Dies erfolgt über eine chemische Bodenanalyse und einer fachlichen Bewertung. Stellt sich heraus, dass die Bindungsstärke des Bodens ausreichend, die Grundwassergefährdung gering, die Bodengrenzwerte für Schwermetalle eingehalten und der Phosphatgehalt im Boden niedrig ist, so kann eine Düngung mit dem phosphorreichen Klärschlammkompost in einer definierten Menge durchgeführt werden. Seit dem Jahr 1997 wurden bisher mehrere tausend Bodengutachten durchgeführt. Etwa zwei Drittel der beprobten Flächen waren Grünlandstandorte, ein Drittel der Proben stammten von Ackerstandorten. Die Verteilung der Feldstücke ist regional sehr unterschiedlich. Die zugelassenen Flächen beschränken sich auf das Rheintal und den Walgau, wobei sich etwa 40 % der Flächen in den zwei Gemeinden Höchst und Rankweil befinden.

Im Jahr 2018 wurden an 32 Landwirte eine Gesamtmenge von 4.012 m³ Klärschlamm-kompost abgegeben. Umgerechnet entspricht das ca. 33.100 kg Phosphat (berechnet als P_2O_5), welches 2018 auf einer Fläche von ca. 400 ha ausgebracht wurde.

Abbildung 1 zeigt die Entwicklung der KS-Kompost-Liefermenge an die Landwirtschaft seit 2000. Anhand der Grafik kann man erkennen, dass der Höhepunkt der landwirtschaftlichen Klärschlammkompostanwendung zwischen 2001 und 2012 lag. 2018 wurde mit ca. 4.000 m³ mehr Klärschlammkompost zur Düngung auf landwirtschaftliche Nutzflächen ausgebracht als 2017.

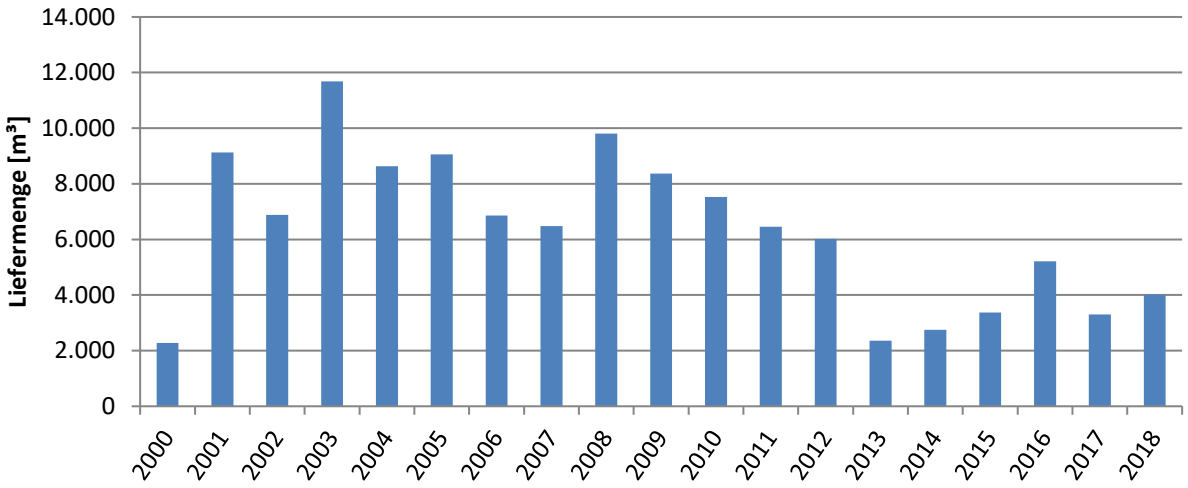

Abbildung 1: Entwicklung der Liefermenge von KS-Kompost in die LW seit dem Jahr 2000.

Die Fa. Branner lieferte 3.505 m³ (87 %), die ARA Bregenz lieferte 359 m³ (9 %) und die Fa. Loacker (ehem. Fa. Häusle) lieferte 148 m³ (4 %) Klärschlammkompost in die Landwirtschaft.

Betrachtet man jene Menge Phosphat, die während der letzten sechs Jahre (2013-2018) über KS-Kompost auf landwirtschaftliche Flächen gelangte, so kann man in Abbildung 2 erkennen, dass in den vier Gemeinden Rankweil, Feldkirch, Höchst und Götzis über 75 Prozent der Phosphatfracht aufgebracht wurde. In nur acht Vorarlberger Gemeinden wurden 95 % des für landwirtschaftliche Düngezwecke in den letzten sechs Jahren abgegebenen Klärschlammkomposts aufgebracht.

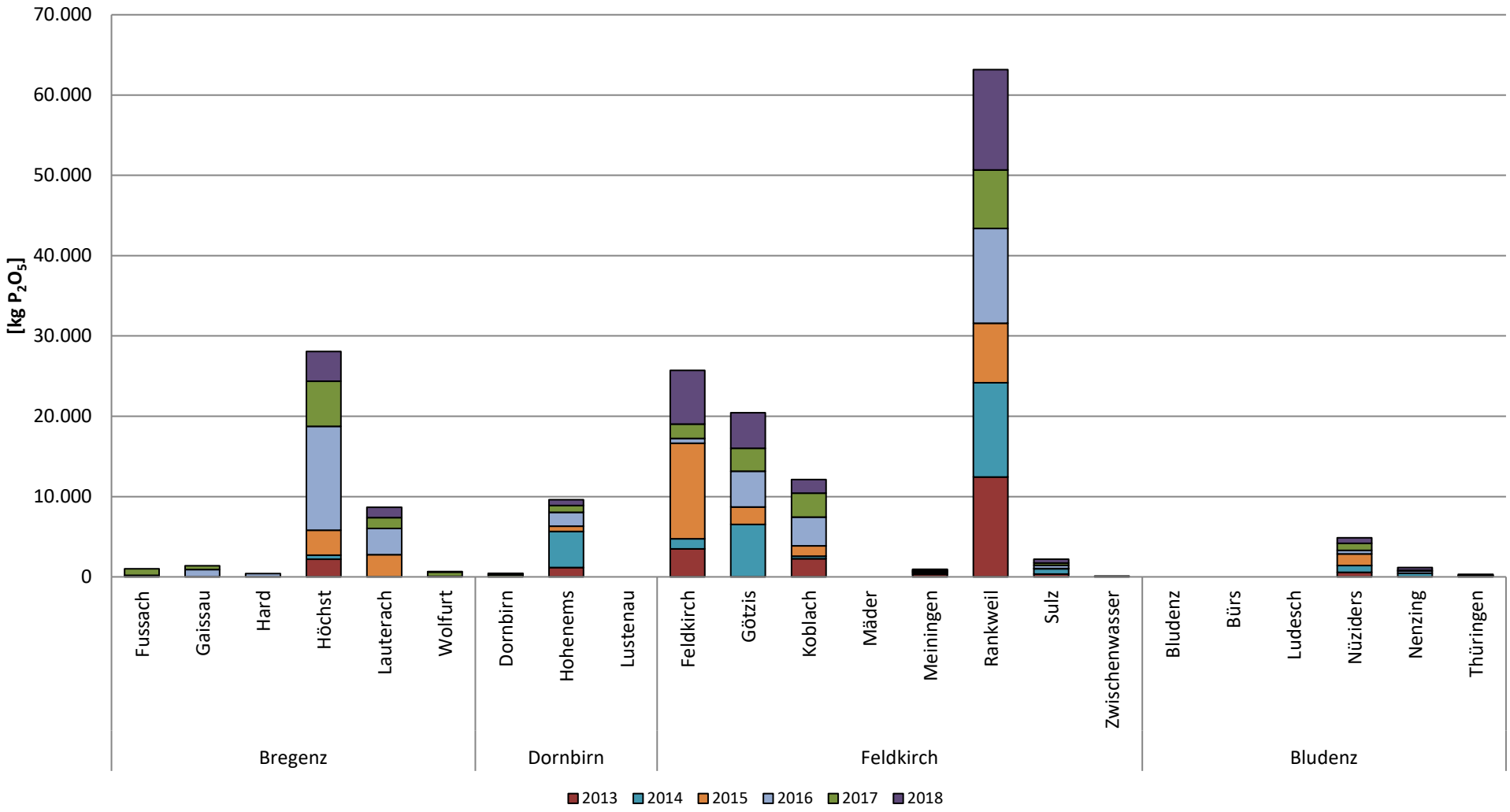

Abbildung 2: Aufsummierte Phosphatfracht je Gemeinde für den Zeitraum 2013-2018 [in kg P_2O_5].

4 Qualität des Klärschlammkompostes

Die Vorarlberger Klärschlammverordnung sieht Qualitätsanforderungen vor, die ein Klärschlammkompost einhalten muss um bodengebunden verwertet werden zu können. Dabei müssen insbesondere Schwermetallgrenzwerte (Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel, Quecksilber, Zink) eingehalten werden. Zusätzlich werden Phosphat, organischer Kohlenstoff (TOC), Stickstoff, Kalium und der pH-Wert gemessen. Mit 1.1.2020 müssen auch Mindestgehalte für Phosphat und Organischen Kohlenstoff in KS-Komposten gemäß Bodenqualitätsverordnung (BQV) eingehalten werden.

Abbildung 3 zeigt jene für die Düngewirkung und den Humusaufbau wichtigen Parameter – Phosphat und organischer Kohlenstoff. Deutlich niedrigere Phosphatgehalte weisen Klärschlammkomposte der Fa. Loacker (ehem. Häusle) im Vergleich zu Komposten der Fa. Branner und der ARA Bregenz auf. So liegt der P_2O_5-Gehalt bei diesen im Jahr 2018 im Mittel bei nur 2,1 Gew.-%. Der mittlere TOC-Gehalt in KS-Komposten liegt 2018 zwischen 17 Gew.-% (Fa. Loacker und Fa. Branner) und 25 Gew.-% (ARA Bregenz).

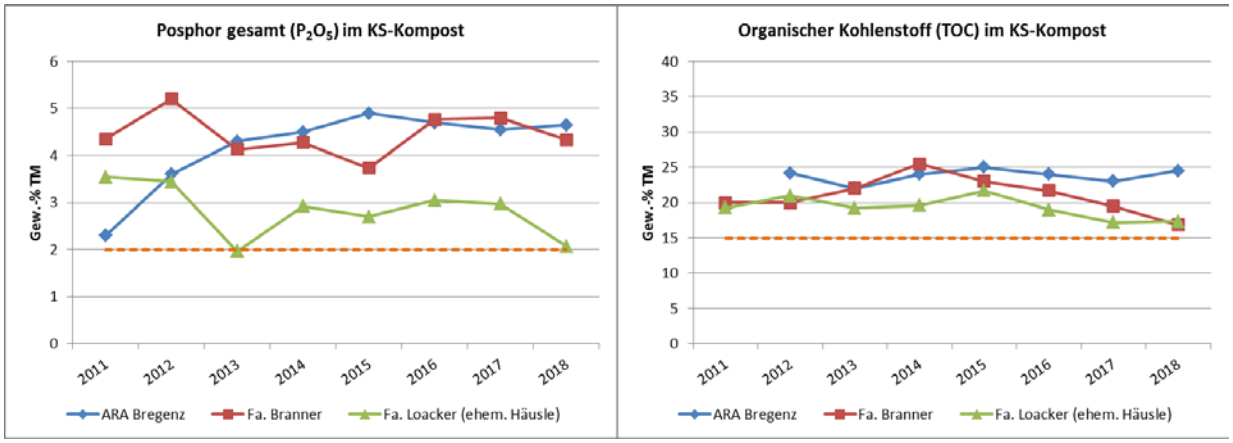

Abbildung 3: Entwicklung des mittleren Phosphorgehaltes (berechnet als P_2O_5) und TOC-Gehaltes in KS-Komposten der unterschiedlichen Hersteller (Zeitraum zwischen 2011 und 2018). Gelb-strichlierte Linie stellt den Mindestgehalt gemäß BQV dar.

Die Gehalte an Schwermetallen in den Komposten liegen bei allen drei Herstellern deutlich unter den Grenzwerten der KS-Verordnung (Abbildung 4). Die Komposte aller drei Hersteller liegen betreffend der anorganischen Schadstoffe in einem sehr ähnlichen Belastungsbereich. Komposte der Fa. Branner zeigten 2016 höhere Schwankungen des Kupfergehalts zwischen den untersuchten Chargen, 2018 sind sie wieder auf gewohntem Niveau. Der höhere Cadmiumgehalt im Kompost der ARA Bregenz hat sich über die letzten Jahre tendenziell verringert und liegt jetzt bei etwa 0,5 mg/kg TS.

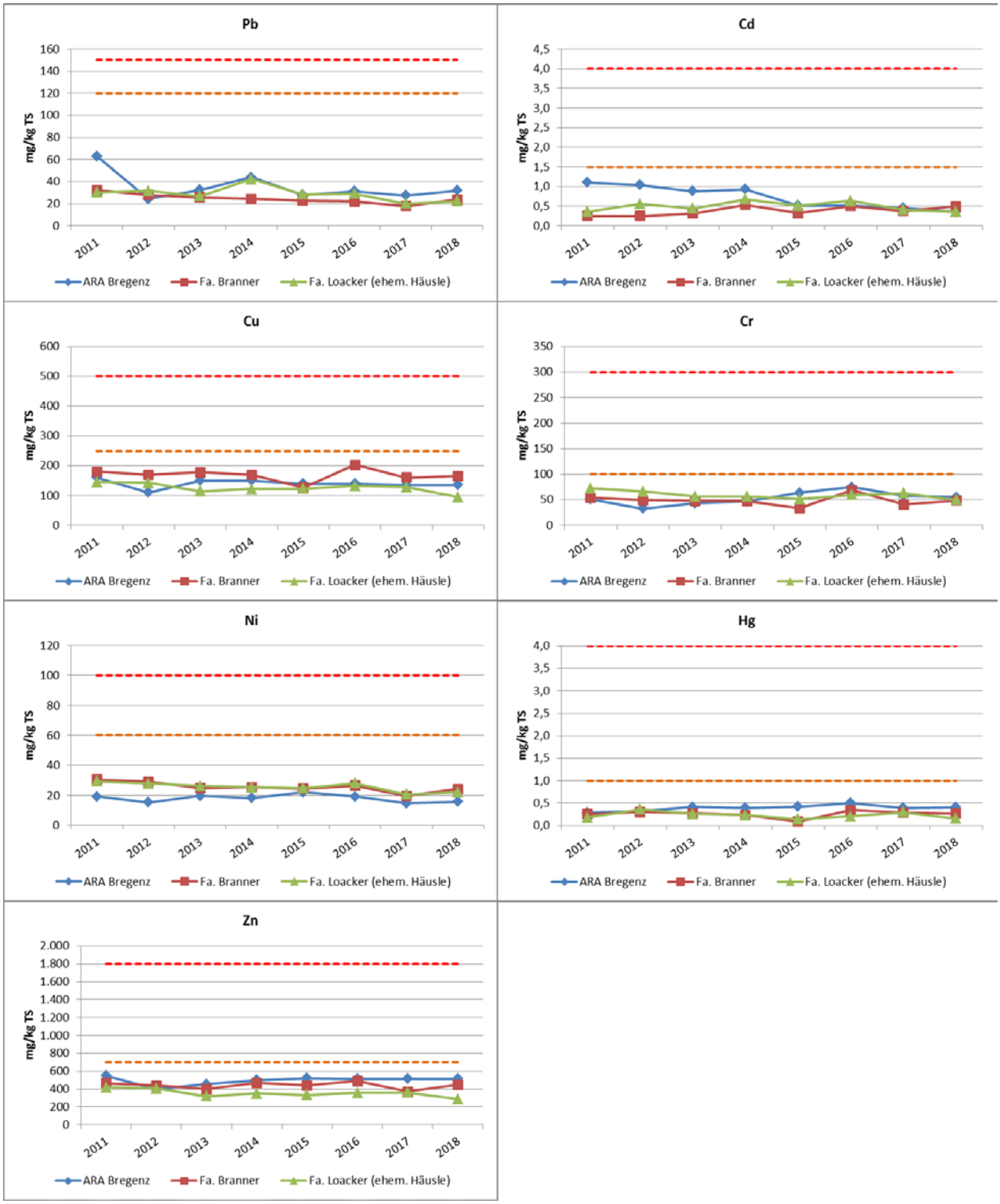

Abbildung 4: Entwicklung der Klärschlammkompostqualitäten [in mg/kg TS]. Berechnete Mittelwerte der jährlichen Chargenuntersuchungen; Grenzwert gemäß Vorarlberger KS-Verordnung (rot), Grenzwert gemäß BQV (gelb).

5 Untersuchungen von landwirtschaftlichen Klärschlammkompostflächen

Im Sommer 2018 wurden an drei Probenahmeterminen insgesamt 20 klärschlammgedüngte Flächen durch das Umweltinstitut beprobt.

5.1 Bodenprobenahme und Analyse

Bei den Probenahmestandorten handelt es sich um jene Flächen, die in den letzten zehn Jahren am meisten mit KS-Kompost beaufschlagt wurden. Die Beprobungsflächen lagen in den Gemeinden Feldkirch, Götzis, Hard, Höchst, Hohenems, Lauterach, Nüziders und Rankweil. Es wurden Bodenproben von 16 Grünlandstandorten, drei Wechselgrünlandflächen und einem Acker gezogen. Die Probenahme erfolgte gemäß der ÖNORM L 1055 Probenahme von ackerbaulich genutzten Böden sowie der ÖNORM L 1056 Probenahme von Dauergrünland. Die Bodenproben wurden als repräsentative Mischproben aus mindestens zwanzig Einzeleinstichen, mittels Grassodenstecher auf Grünland und Wechselgrünland bis zu einer Tiefe von 10 cm, bei Ackerflächen mittels Pürckhauerbohrstock bis 20 cm, gezogen. Die gewonnenen Bodenproben wurden im Labor des Umweltinstituts gefriergetrocknet um neben den Nährstoffen und Schwermetallen auch organische Schadstoffe analysieren zu können.

5.2 Untersuchungsparameter

Düngeparameter: pflanzenverfügbares Phosphat[1,2] und Kalium (Calcium-Acetat-Lactat-Auszug), Gesamtstickstoff und- Kohlenstoff, pH-Wert (in H_2O), Gesamtgehalte der Elemente P, K, Ca, Na, Mg, Mn, Mo (Königswasseraufschluss)

Anorganische Schadstoffe: Quecksilber[1,2], Cadmium[1,2], Chrom[1,2], Kupfer[1,2], Nickel[1,2], Blei[1,2] und Zink[1,2] sowie Arsen (Königswasseraufschluss)

Organische Schadstoffe: Polychlorierte Biphenyle[1,2] (PCB), Hexachlorbenzol[2] (HCB), Polycyclische Kohlenwasserstoffe[2] (PAH) und Mineralölkohlenwasserstoffe[2] (KW)

1…Grenzwerte der Vorarlberger Klärschlammverordnung (Vlbg. KS-VO)

2…Grenzwerte bzw. Vorsorgewerte der Vorarlberger Bodenqualitätsverordnung (Vlbg. BQV)

5.3 Ergebnisse

Die Bewertung der Analysenergebnisse erfolgt grundsätzlich gemäß Vorarlberger Klärschlammverordnung, da diese zum Zeitpunkt der Probenahme die gültige Rechtsnorm darstellte. Da seit 1.1.2019 das Gesetz zum Schutz der Bodenqualität sowie die Bodenqualitätsverordnung in Kraft getreten sind, wird gegebenenfalls auch Bezug auf Vorsorge- und/oder Grenzwerte der neuen Rechtsnorm genommen.

5.3.1 Düngeparameter

Bei der bodengebundenen Verwertung von Klärschlammkompost in der Landwirtschaft ist der Parameter pflanzenverfügbares Phosphat ausschlaggebend, ob eine Ausbringung von KS-Kompost erlaubt ist oder nicht. Gemäß Klärschlammverordnung ist eine Düngung mit Klärschlammkompost nur dann erlaubt, wenn der Boden einen Phosphorbedarf aufweist. Liegen die Phosphatgehalte über einem Wert von 25 mg je 100g Feinboden, so liegt kein Phosphorbedarf im Boden vor. Diese Düngeempfehlungen spiegeln sich auch in den Richtlinien für die sachgerechte Düngung im Ackerbau und Grünland des Fachbeirats für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz (BMLFUW, 2017) wieder.

Die Analysenergebnisse zeigen eine große Variabilität der **Phosphat**gehalte je Untersuchungsfläche (Abbildung 5). Die P_2O_5-Geahlte liegen zwischen 7,7 und 130 mg je 100g Boden. Im Mittel liegen die P_2O_5-Geahlte im Grünland (n=16) bei 25 mg/100g, im Wechselgrünland/Acker (n=4) bei 90 mg/100g. Die sehr hohen Phosphatgehalte in den Acker- und Wechselgrünlandböden lassen sich nicht alleine durch die KS-Kompostdüngung erklären. Eine zusätzliche Düngung mit mineralischen Phosphordüngern ist hier wahrscheinlich. Zwölf der zwanzig untersuchten Böden liegen über dem in der Klärschlammverordnung vorgegebenen Phosphatgehalt von 25 mg/100g Boden und sind somit nicht mehr für eine Klärschlammkompostausbringung geeignet.

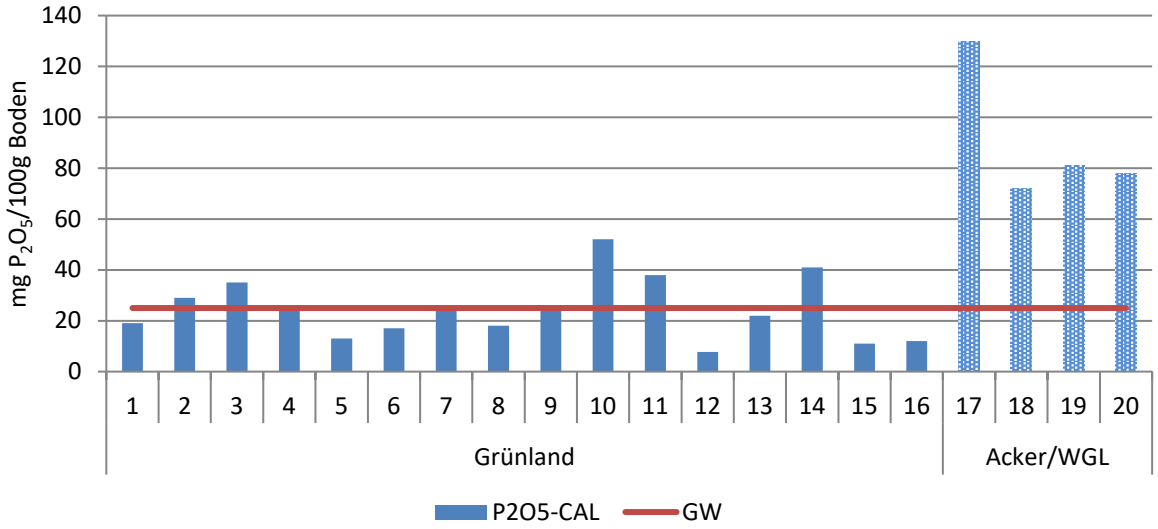

Abbildung 5: Phosphatgehalte im Grünland (Nr. 1 bis 16), Wechselgrünland (Nr. 18, 19, 20) und Acker (Nr. 17) in mg P_2O_5 je 100g Feinboden.

Bei den 2017 durchgeführten Untersuchungen wurden Phosphatgehalte zwischen 16 und 100 mg/100g Boden gemessen. Die Mittelwerte im Grünland lagen bei 33 mg/100g (n=14) und im Acker lagen sie im Mittel bei 61 mg/100g Boden (n=7) (Humer, 2019a). Die Untersuchungen im Jahr 2016 zeigten in 34 Acker- und Grünlandböden P_2O_5-Gehalte zwischen 13 und 73 mg/100g Boden (Humer, 2017).

Die Analysenergebnisse zeigen auch bei den **Kalium**gehalten eine große Variabilität zwischen den Untersuchungsflächen (Abbildung 6). Die K_2O-Geahlte liegen zwischen 7,1 und 34 mg je 100g Boden. Im Mittel liegen die K_2O -Gehalte bei 18 mg/100g Boden (n=20). Bei den 2017 durchgeführten Untersuchungen lagen die Kaliumgehalte zwischen 5,6 und 41 mg/100g (n=21), 2016 zwischen 10 und 67 mg/100g Boden (n=34). Die Böden sind durchwegs ausreichend bis hoch mit pflanzenverfügbarem Kalium versorgt. Ein Kalium Mangel ist demnach in den untersuchten Böden nicht festzustellen.

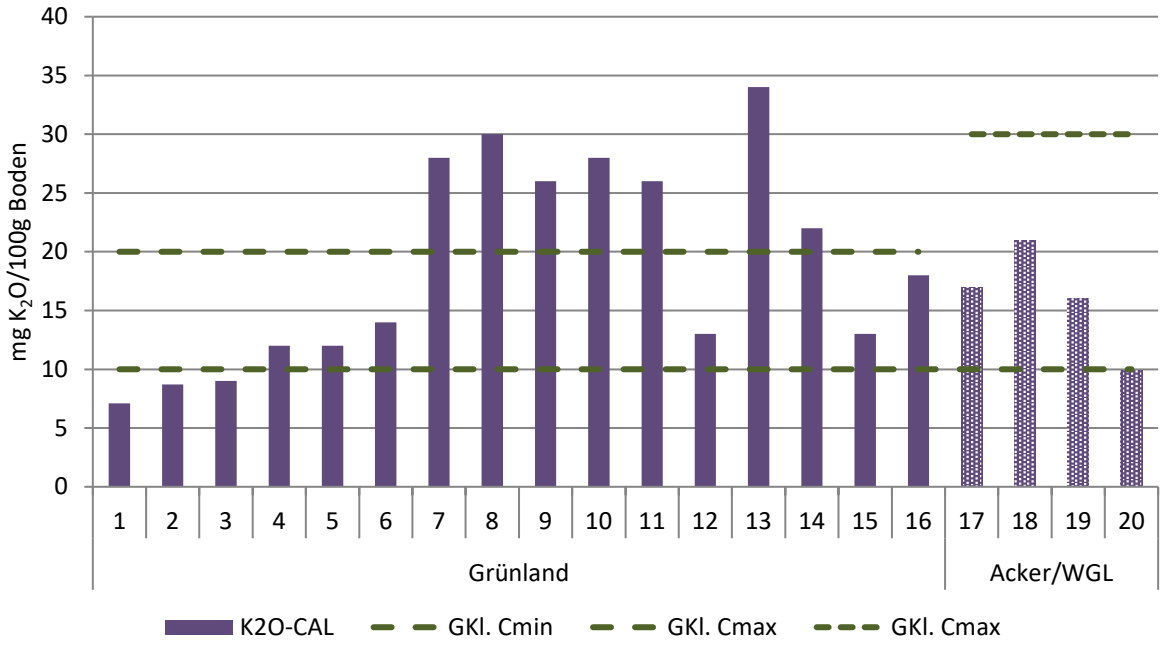

Abbildung 6: Kaliumgehalte im Grünland (Nr. 1 bis 16), Wechselgrünland (Nr. 18, 19, 20) und Acker (Nr. 17) in mg K_2O je 100g Feinboden. Einstufung der Gehaltsklasse C (GKl. C) „ausreichend“ für Grünland und Acker (Bereich innerhalb der grün-strichlierten Linie).

Humus wirkt sich günstig auf das Bodenleben und die Porenverteilung des Bodens aus, verbessert insbesondere die Luftführung, den Wärmehaushalt und das Wasser- und Schadstoffspeichervermögen. Analytisch wird der Humusgehalt eines Bodens über den **organischen Kohlenstoffgehalt** (TOC…Total Organic Carbon = gesamter organischer Kohlenstoff) berechnet. Die übliche Berechnung des Humusgehaltes erfolgt nach der Formel TOC x 1,72.

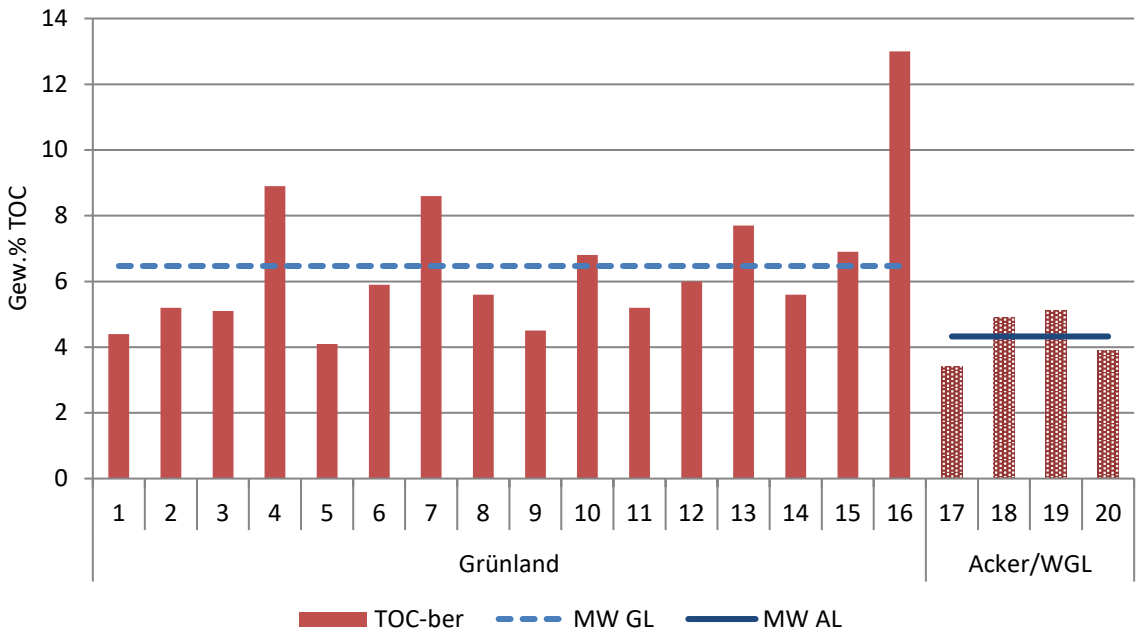

Abbildung 7: Organischer Kohlenstoff (TOC) im Grünland (Nr. 1 bis 16), Wechselgrünland (Nr. 18, 19, 20) und Acker (Nr. 17) in Gewichtsprozent der Trockensubstanz (TS). Die blauen Linien stellen den berechneten Mittelwert für Grünland bzw. für Acker/Wechselgrünland dar.

Die Humusgehalte der untersuchten Böden liegen somit zwischen 5,8 und 22 %. Oberböden gelten ab einem Humusgehalt von 4,5 % als stark humos (BMLFUW, 2017). TOC-Gehalte in Ackerböden liegen im Mittel unter jenen von Grünlandböden, da sie verstärkt belüftet werden und somit ein Abbau von Humus stattfindet. Ein Grünlandboden (Nr. 16) sticht mit einem TOC-Gehalt von 13 Gew.% hervor. Es handelt sich hierbei um einen kalkfreien Extremen Gley mit torfigem Ausgangsmaterial, welcher gleichzeitig einen niedrigen pH-Wert von 6,7 zeigt.

Die **Gesamtstickstoff**-Gehalte der Böden liegen zwischen 0,43 und 1,2 Gewichts-%. Das sind ähnliche Werte wie sie bei den Untersuchungen im Jahr 2017 gefunden wurden, da lagen die N-Ges-Gehalte zwischen 0,26 und 1,2 Gewichts-% (n=21). Selbiges gilt für die Untersuchung im Jahr 2016, wo Gesamtstickstoffgehalte zwischen 0,31 und 1,0 Gew.-% (n=34) gemessen wurden.

Der **pH-Wert** im Boden lag durchwegs im alkalischen Bereich (mit Ausnahme der oben genannten GL-Fläche Nr. 16) bei Werten zwischen 7,7 und 8,3 (n=19).

5.3.2 Anorganische Schadstoffe

Es wurden die sieben Schwermetalle gemäß Vorarlberger Klärschlammverordnung analysiert und ausgewertet. Zusätzlich wurde Arsen untersucht, da es in Vorarlberg naturräumlich von Bedeutung sein kann.

Tabelle 1: Schwermetallgehalte im Grünland (Nr. 1 bis 16), Wechselgrünland (Nr. 18, 19, 20) und Acker (Nr. 17) in mg je kg Trockensubstanz (TS). Hellgraue Färbung bedeutet Überschreitung eines Vorsorge- oder Richtwerts.

Nr.	Nutzung	Pb	Cd	Cr	Cu	Ni	Hg	Zn	As
1	Grünland	27	<0,25	34	44	49	0,073	110	20
2	Grünland	27	<0,25	37	45	48	0,073	120	19
3	Grünland	28	<0,25	39	45	49	0,070	120	20
4	Grünland	35	0,28	29	40	42	0,084	120	19
5	Grünland	19	<0,25	23	29	32	0,087	94	<10
6	Grünland	36	<0,25	47	44	55	0,096	130	29*
7	Grünland	33	0,26	42	28	34	0,093	160	14
8	Grünland	18	<0,25	27	23	24	0,045	91	<10
9	Grünland	17	<0,25	28	24	26	0,042	92	<10
10	Grünland	20	<0,25	32	30	27	0,057	120	<10
11	Grünland	21	<0,25	29	30	25	0,047	110	<10
12	Grünland	18	<0,25	50	31	38	0,057	87	12
13	Grünland	21	<0,25	39	35	29	0,075	120	<10
14	Grünland	21	<0,25	35	28	31	0,081	110	<10
15	Grünland	25	<0,25	48	32	45	0,084	110	<10
16	Grünland	47	0,29	60	37	37	0,064	110	14
17	Acker	25	<0,25	47	43	35	0,100	140	<10
18	WechselGL	21	<0,25	61	36	43	0,062	110	14
19	WechselGL	21	<0,25	58	38	43	0,066	120	13
20	WechselGL	20	<0,25	59	35	42	0,066	110	11
Grenzwert KS-VO		**100**	**2**	**100**	**100**	**60**	**1**	**300**	
Vorsorgewert BQV		100	0,5	100	60	60	0,5	150	
Grenzwert BQV		200	1	200	120	120	1	300	

*…Richtwert für Arsen im Boden gemäß ÖNORM S 2088-2:2014 liegt bei 20 mg/kg TS

Wie Tabelle 1 zeigt, werden die Bodengrenzwerte gemäß Vorarlberger Klärschlammverordnung eingehalten. In der Abbildung 8 und Abbildung 9 werden die Schwermetallgehalte sowie die Grenzwerte gemäß KS-VO grafisch dargestellt.

Die **Blei**gehalte der untersuchten Böden liegen zwischen 17 und 47 mg/kg TS Boden. Im Vergleich dazu lagen die Pb-Gehalte 2017 zwischen 15 und 55 mg/kg (n=21) und 2016 zwischen 15 und 44 mg/kg (n=34). Die Untersuchungen der letzten drei Jahre zeigen tendenziell höhere Bleigehalte in Grünlandböden als in Ackerböden, was österreichweiten Untersuchungen entspricht. Schwarz und Freudenschuss (2004) fanden im Mittel 64 mg/kg Blei in Grünlandböden und 26 mg/kg in Ackerböden. Erfreulich ist, dass die vom

Umweltinstitut gemessenen Pb-Gehalte in klärschlammkompostgedüngten Böden deutlich unter Österreichischen Referenzgehalten liegen.

Die **Cadmium**gehalte in den untersuchten Böden liegen Großteils unter der Bestimmungsgrenze von 0,25 mg/kg und reichen bis maximal 0,29 mg/kg TS Boden. Die Untersuchung 2017 zeigte Cd-Gehalte zwischen <0,25 und 0,55 mg/kg. Bei der Kontrolluntersuchungen im Jahr 2016 wurden Cd-Konzentrationen zwischen < 0,20 und 0,36 mg/kg TS gefunden. Die österreichweiten Referenzwerte bei Cadmium liegen in Ackerböden bei 0,3 und in Grünlandböden bei 0,7 mg/kg TS. Abhängig von Carbonatgehalt und pH-Wert können sie auch darüber liegen. Dies trifft bei dieser Untersuchung nicht zu, im Gegenteil der höchste Cadmiumgehalt wurde auf einem Grünlandstandort (Extremer Gley) mit einem relativ niedrigen pH-Wert (6,7) gemessen.

Die **Chrom**gehalte der 20 untersuchten Böden liegen zwischen 23 und 61 mg/kg TS Boden. Bei den Kontrolluntersuchungen 2016 lagen die Cr-Gehalte zwischen 29 und 61 mg/kg Boden (n=34). Die österreichweiten Referenzwerte für Chrom liegen in Ackerböden bei 55 mg/kg und bei Grünlandböden bei 53 mg/kg Boden.

Die **Kupfer**gehalte in den untersuchten Böden liegen zwischen 23 und 45 mg/kg TS Boden. Im Vergleich dazu lagen die Cu-Gehalte bei der Untersuchung im Jahr 2017 zwischen 22 und 60 mg/kg und im Jahr 2016 zwischen 21 und 49 mg/kg TS. Die österreichweiten Referenzwerte für Kupfer liegen in Ackerböden bei 32 und in Grünlandböden bei 36 mg/kg TS. Die Mittleren gemessenen Kupfergehalte klärschlammkompostgedüngter Böden liegen mit 37 mg/kg (n=75) im österreichischem Referenzbereich.

Die **Nickel**gehalte in den untersuchten Böden liegen zwischen 24 und 55 mg/kg TS Boden. Bei den Kontrolluntersuchungen 2016 lagen die Ni-Gehalte zwischen 25 und 47 mg/kg (n=34). Im Vergleich dazu liegen österreichische Nickel-Referenzwerte in Ackerböden bei 35 mg/kg und in Grünlandböden bei 40 mg/kg TS. Der Vorsorgewert für Nickel in der neuen Vorarlberger Bodenqualitätsverordnung liegt bei 60 mg/kg TS und wird an keinem Standort überschritten.

Die **Quecksilber**gehalte in den 20 untersuchten Böden liegen zwischen 0,042 und 0,1 mg/kg TS Boden. Im Vergleich dazu lagen die Hg-Gehalte bei der Untersuchung im Jahr 2017 zwischen 0,07 und 0,3 mg/kg und im Jahr 2016 zwischen 0,05 und 0,26 mg/kg TS. Die österreichweiten Referenzwerte für Quecksilber liegen sowohl für Acker- als auch für Grünlandböden bei 0,26 mg/kg TS. Der Vorsorgewert für Quecksilber in der neuen

Vorarlberger Bodenqualitätsverordnung liegt bei 0,5 mg/kg TS und wird an keinem Standort überschritten.

Die **Zink**gehalte in den untersuchten Böden liegen zwischen 87 und 160 mg/kg TS Boden. Bei den Kontrolluntersuchungen 2017 lagen die Zn-Gehalte zwischen 87 und 150 mg/kg (n=21), 2016 lagen sie zwischen 85 und 140 mg/kg (n=34). Im Vergleich dazu liegen österreichische Zink-Referenzwerte in Ackerböden bei 100 mg/kg und in Grünlandböden bei 130 mg/kg TS. Der Vorsorgewert für Zink in der neuen Vorarlberger Bodenqualitäts-verordnung liegt bei 160 mg/kg TS und wäre bei der aktuellen Untersuchung an keinem Standort überschritten.

Die **Arsen**gehalte der 20 untersuchten Böden liegen Großteils unter der Bestimmungsgrenze von 10 mg/kg und reichen bis maximal 29 mg/kg TS Boden. Bei den Kontrolluntersuchungen 2017 lagen die As-Gehalte zwischen BG (<10) und 18 mg/kg Boden (n=21). Die österreichweiten Referenzwerte für Arsen liegen in Ackerböden bei 14,7 mg/kg und bei Grünlandböden bei 28,5 mg/kg Boden. Arsengehalte sind zum einen vom pH-Wert (saure Böden speichern mehr Arsen) aber auch von der organischen Substanz (Arsen bindet an Humus) beeinflusst. Bei jenem Boden der einen As-Gehalt von 29 mg/kg zeigte (Nr. 6), handelt es sich um einen schwach vergleyten, kalkhaltigen Grauen Auboden aus feinem Schwemmmaterial in der Gemeinde Hohenems. Er weist einen neutralen pH-Wert von 7,7 auf und hat einem Humusgehalt von 10 %.

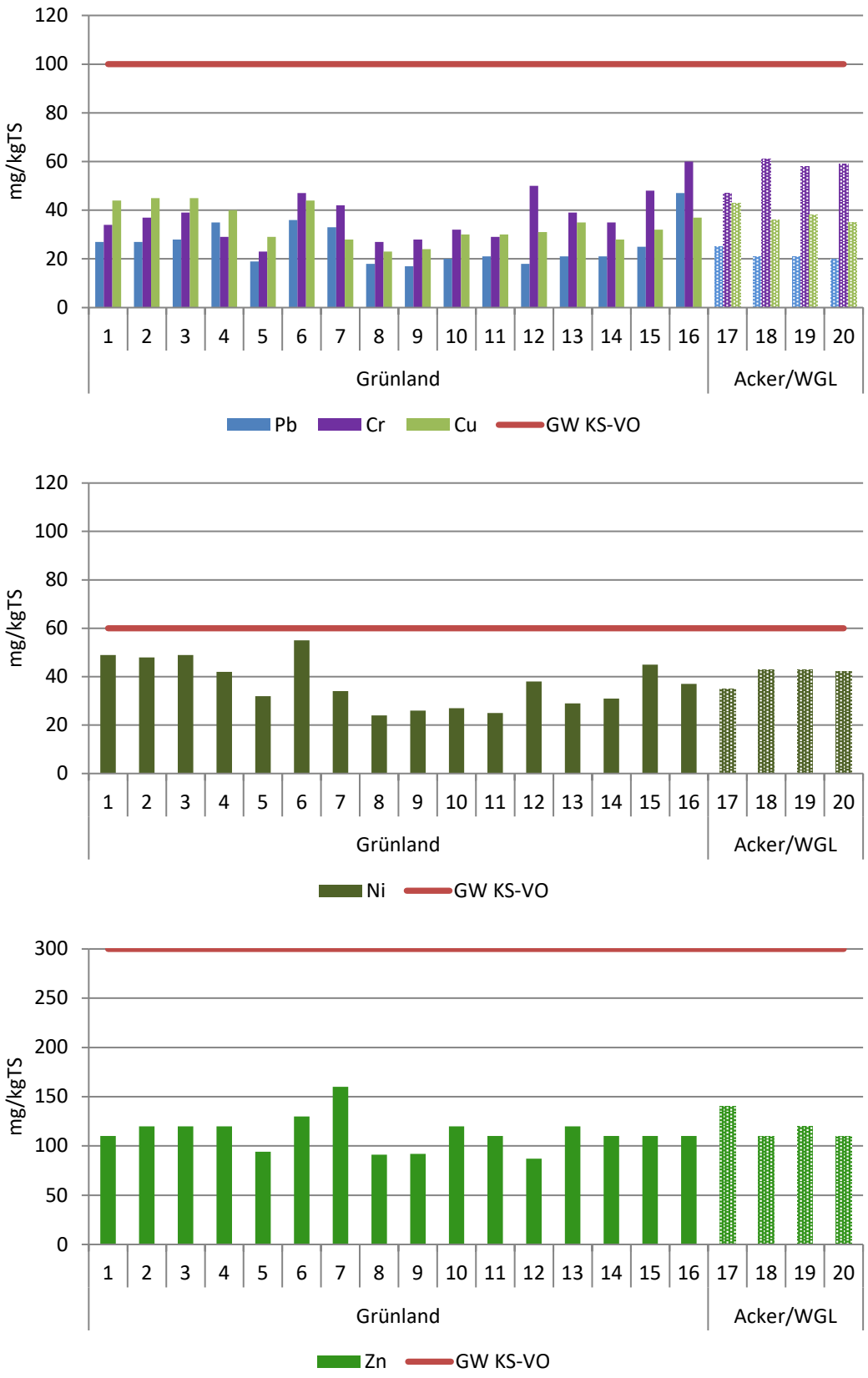

Abbildung 8: Blei-, Chrom-, Kupfer-, Nickel- und Zink-Gehalte im Grünland (Nr. 1 bis 16), Wechselgrünland (Nr. 18, 19, 20) und Acker (Nr. 17) in mg je kg Trockensubstanz (TS).

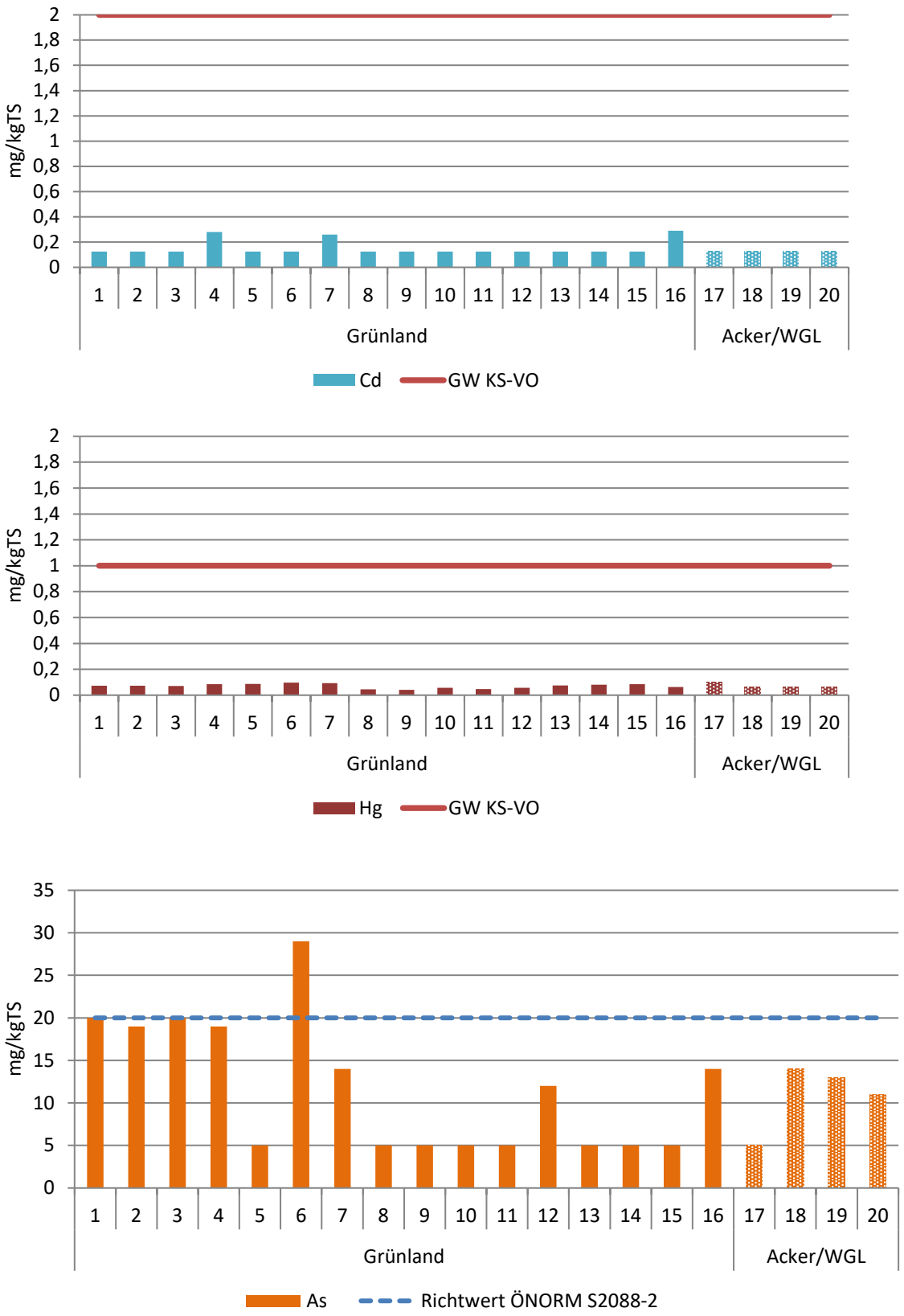

Abbildung 9: Cadmium-, Quecksilber- und Arsen-Gehalte im Grünland (Nr. 1 bis 16), Wechselgrünland (Nr. 18, 19, 20) und Acker (Nr. 17) in mg je kg Trockensubstanz (TS). Lag der Analysenwert <BG so wurde mit dem halben Wert gerechnet (Cd: BG <0,25 → 0,125; As: BG <10 → 5)

5.3.3 Organische Schadstoffe

In der mit 1.1.2019 in Kraft getretenen Bodenqualitätsverordnung sind Vorsorgewerte für ausgewählte organische Schadstoffe festgelegt. So unter anderem für PCB7, HCB, PAH16 und KW-Index.

Mineralölkohlenwasserstoffe (KW) wurden in allen 20 untersuchten Böden über der Bestimmungsgrenze von 25 mg/kg TS gefunden. Die KW-Gehalte lagen zwischen 50 und 170 mg/kg Boden, der berechnete Mittelwert liegt bei 83 mg/kg TS Boden (n=20). Eine im Jahr 2016 vom Umweltinstitut durchgeführte Untersuchung von Böden die langjährig mit Gärrückständen gedüngt wurden, zeigte KW-Gehalte von <25 mg/kg bis 43 mg/kg (n=5) in den obersten 10 cm Boden (Humer, 2019b). Langjährig mit Klärschlammkompost gedüngte Böden zeigen deutlich höhere Mineralölkohlenwasserstoffgehalte. Der Vorsorgewert für KW-Index in der neuen Vorarlberger Bodenqualitätsverordnung liegt bei 200 mg/kg TS und wäre bei der aktuellen Untersuchung an keinem Standort überschritten.

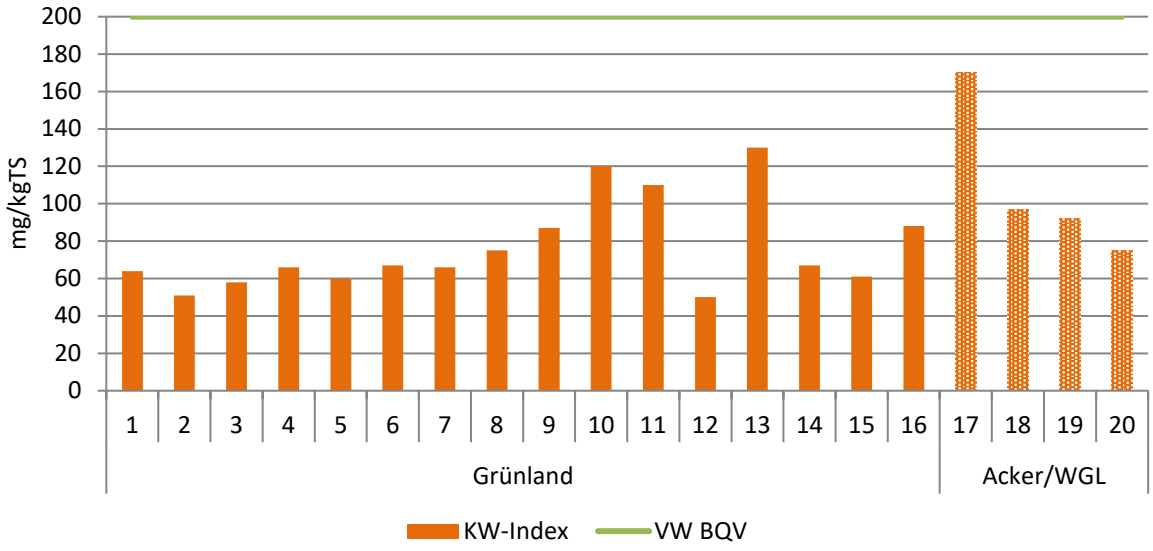

Abbildung 10: KW-Gehalte im Grünland (Nr. 1 bis 16), Wechselgrünland (Nr. 18, 19, 20) und Acker (Nr. 17) in mg je kg Trockensubstanz (TS).

Untersuchungen des Umweltinstituts aus dem Jahr 2018 zeigten KW-Gehalte von bis zu 13.000 mg/kg TS Klärschlamm (n = 30). Abbildung 11 zeigt die KW-Gehalte der 15 größten Vorarlberger Kläranlagen mit einer Ausbaugröße von mehr als 10.000 EW60. Die hohen KW-Konzentrationen im Klärschlamm erklären sich unter anderem dadurch, dass im Abwasserreinigungsprozess auf der ARA KW-haltige Flockungshilfsmittel eingesetzt werden.

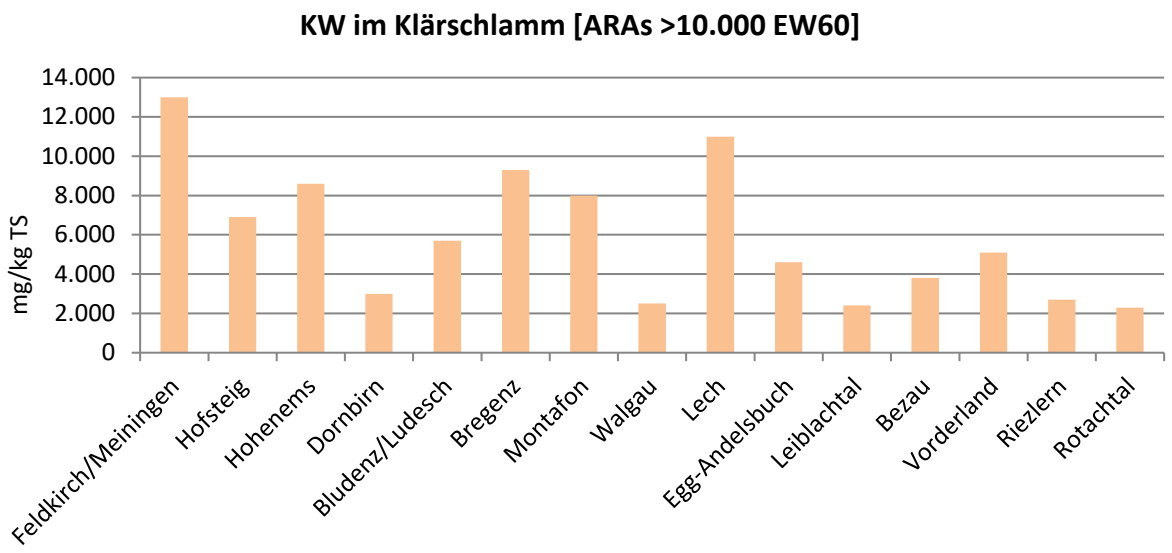

Abbildung 11: KW-Gehalte in Klärschlämmen der 15 größten Vorarlberger Kläranlagen mit einer Ausbaugröße von mehr als 10.000 EW60.

Eine Untersuchung von Klärschlammkomposten der drei Vorarlberger KS-Komposthersteller, welche in die Landwirtschaft liefern, zeigte im Kompost KW-Gehalte zwischen 1.900 mg/kg und 2.600 mg/kg TS (n=3) (Abbildung 8).

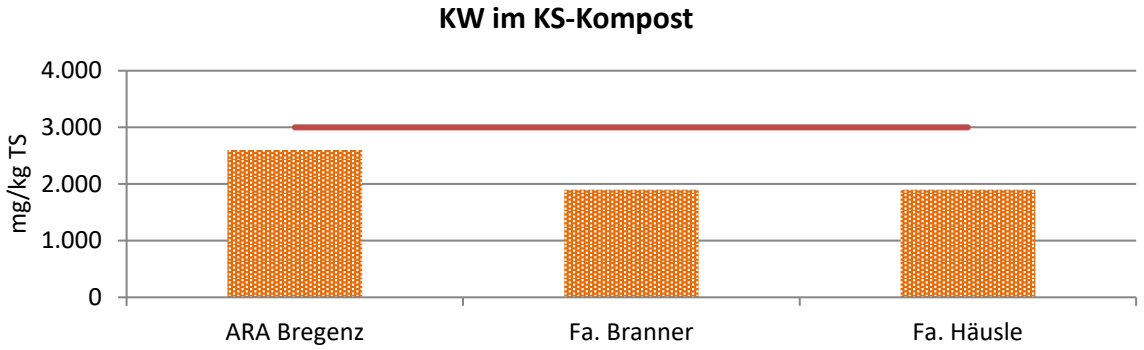

Abbildung 12: KW-Gehalte im KS-Kompost der drei Vlbg. KS-Komposthersteller. Die rote Linie stellt den für Müllkompost vorgesehenen Grenzwert für KW-Index gemäß Bundeskompostverordnung dar.

Über die Düngung mit KW-haltigen Klärschlammkomposten gelangen laufend Mineralölkohlenwasserstoffe auf landwirtschaftliche Böden. Die oberflächlich eingebrachten KWs unterliegen einem natürlichen Ab- und Umbauprozess durch Mikroorganismen. Insbesondere unter aeroben Bedingungen ist eine biologische Abbaubarkeit, abhängig von Bodenparametern wie pH-Wert, Nährstoff- und Wassergehalt, gegeben (Hettwer, 2006).

Über die Wirkung von Mineralölkohlenwasserstoffen in diesen Konzentrationen auf Bodenorganismen und Nutzpflanzen ist wenig bekannt.

Bei der Untersuchung der **Polycyclischen Aromatischen Kohlenwasserstoffe** (PAH) sieht man in der Abbildung 13, dass auf drei Standorten (Nr. 7, 12 und 13) leicht erhöhte Konzentrationen im Oberboden gemessen wurden.

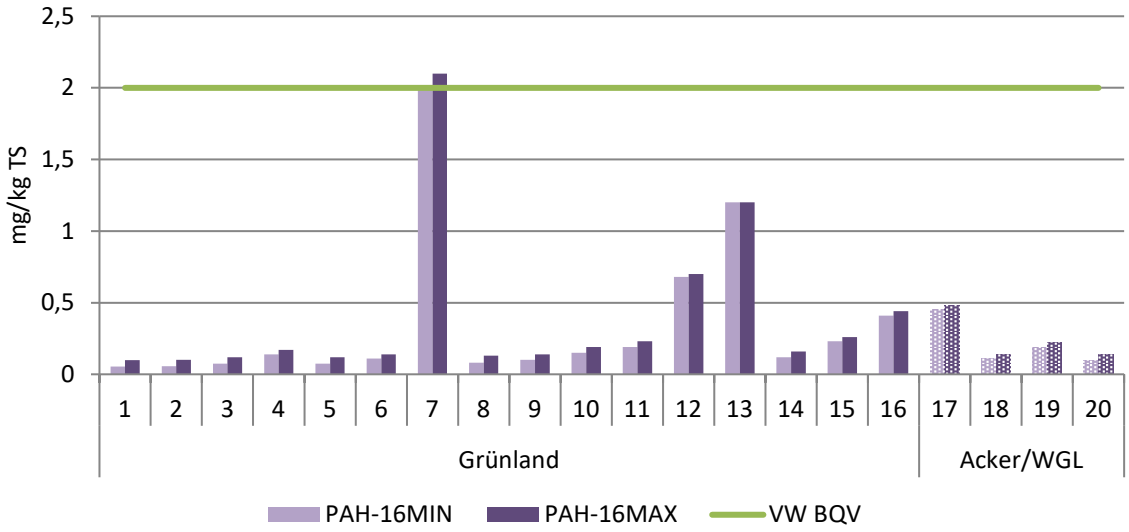

Abbildung 13: PAH-16-Gehalte im Grünland (Nr. 1 bis 16), Wechselgrünland (Nr. 18, 19, 20) und Acker (Nr. 17) in mg je kg Trockensubstanz (TS). Dargestellt sind Minima und Maxima der Summe der 16 Einzelsubstanzen nach EPA sowie der Vorsorgewert gemäß Vlbg. Bodenqualitätsverordnung.

Abbildung 14 zeigt für die drei Standorte mit PAH-Gehalten über 0,5 mg/kg die Zusammensetzung der 16 Einzelsubstanzen im Detail. Folgende acht Einzelsubstanzen machen bis zu 90 % der PAH-16-Gesamtkonzentration aus: Fluoranthen (19-28 %), Pyren (14-16 %), Benzo(a)pyren (7-12 %), Benzo(a)antracen (7-12 %), Benzo(b)fluranthen (7-10 %), Chrysen (4-9 %), Phenanthren (7-14 %) und Benzo(g,h,i)perylen (6-10 %). Vergleicht man die prozentuellen Anteile der Einzelsubstanzen der drei Flächen miteinander, so ist die Verteilung der Einzelsubstanzen an den Grünlandflächen Nr. 7 und Nr. 12 nahezu ident. Die Grünlandfläche Nr. 13 weist, verglichen mit den anderen beiden, prozentuell höhere Fluoranthen- und Phenanthrengehalte auf.

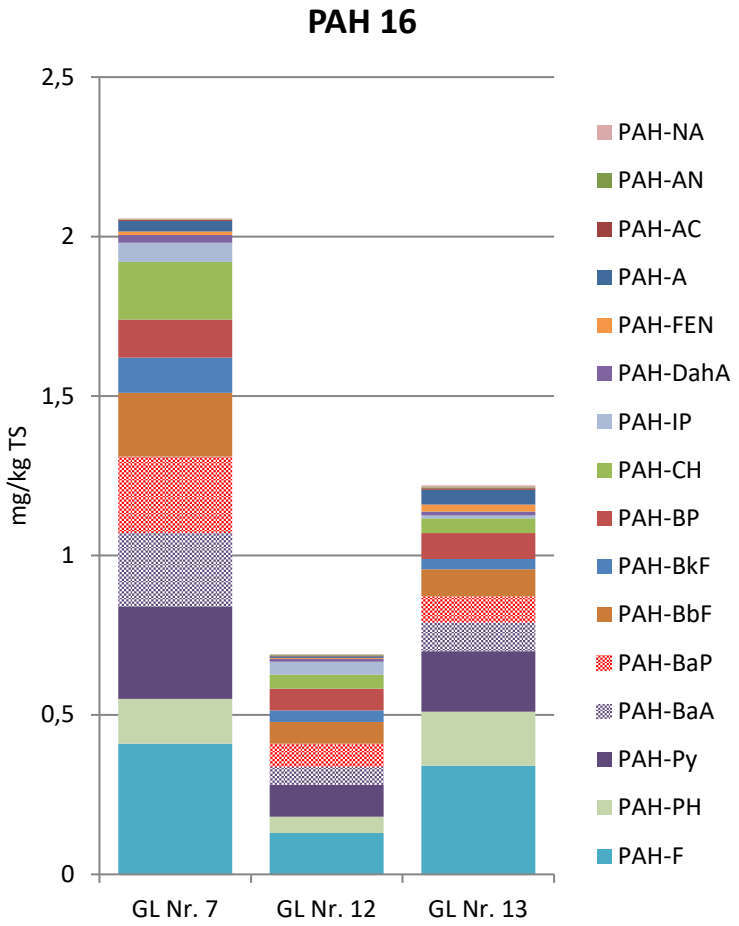

Abbildung 14: PAH-16-Gehalte der Grünlandstandorte Nr. 7, 12 und 13. Summe der 16 Einzelsubstanzen nach EPA. Bei Gehalten kleiner der Bestimmungsgrenze (<0,005 mg/kg) wurde rechnerisch die halbe Bestimmungsgrenze (0,0025 mg/kg) verwendet.

Polychlorierte Biphenyle (PCB) wurden in allen 20 untersuchten Böden meist über der Bestimmungsgrenze von 0,25 µg/kg TS gefunden. Die Summe der sieben PCB-Kongenere (PCB7) PCB28, PCB52, PCB101, PCB118, PCB138, PCB153 und PCB180 lag zwischen 2,8 und 13 µg/kg Boden (Abbildung 15). Das berechnete Mittel der PCB7 liegt zwischen 6,7 und 7,1 µg/kg TS Boden (n=20). Die PCB7-Gehalte liegen deutlich unter dem Vorsorgewert der BQV.

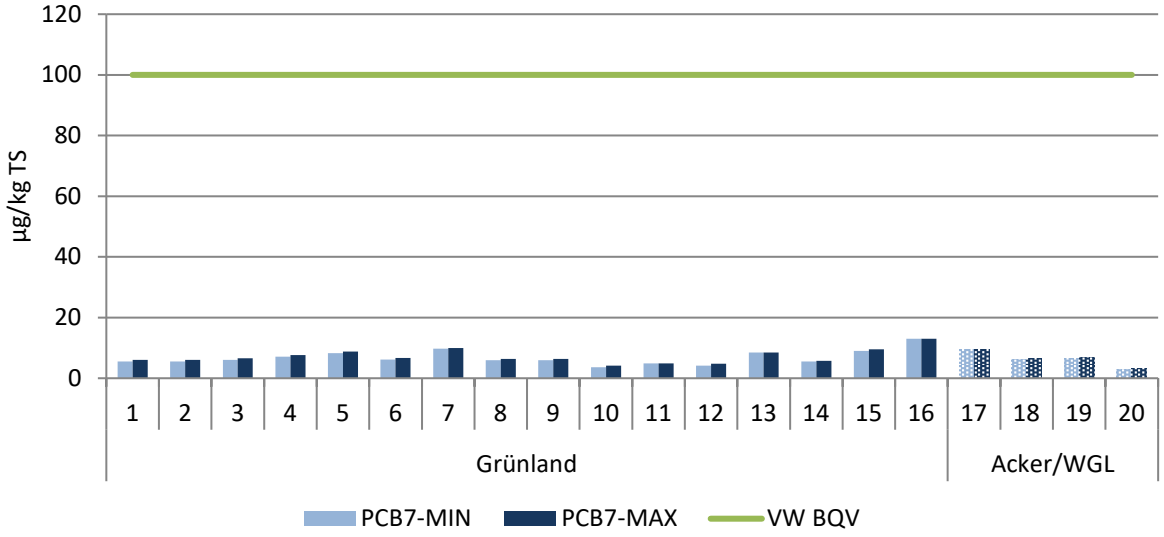

Abbildung 15: PCB7-Gehalte im Grünland (Nr. 1 bis 16), Wechselgrünland (Nr. 18, 19, 20) und Acker (Nr. 17) in µg je kg Trockensubstanz (TS). Dargestellt sind Minima und Maxima der Summe der 7 Einzelsubstanzen sowie der Vorsorgewert gemäß Vlbg. Bodenqualitätsverordnung.

An den 20 Standorten wurden auch die HCB-Gehalte im Boden gemessen. Wie in Abbildung 16 ersichtlich liegen sie alle unter dem Vorsorgewert von 3 µg/kg TS.

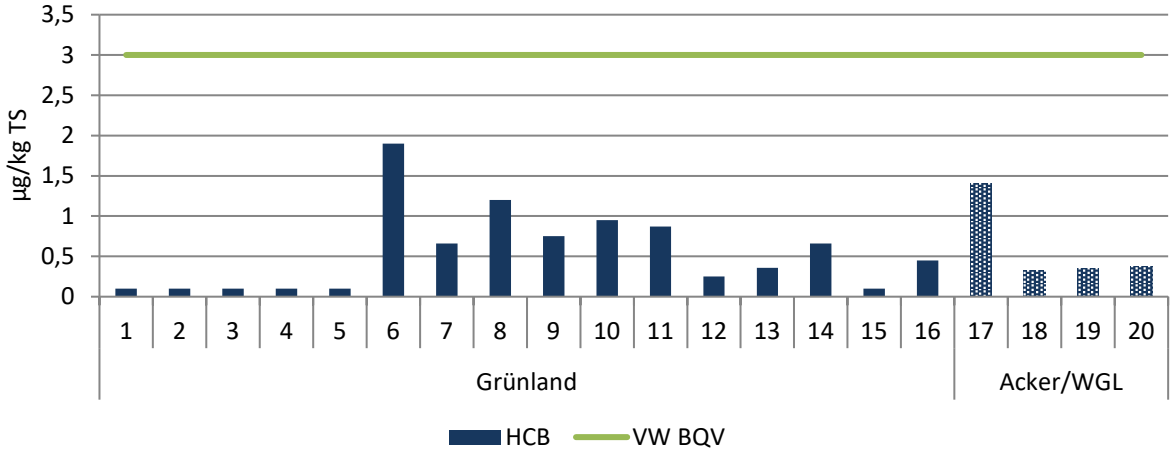

Abbildung 16: HCB-Gehalte im Grünland (Nr. 1 bis 16), Wechselgrünland (Nr. 18, 19, 20) und Acker (Nr. 17) in µg je kg Trockensubstanz (TS). Gehalte unter der Bestimmungsgrenze von 0,2 µg/kg wurden mit der halben BG, also 0,1 µg/kg dargestellt. Vorsorgewert gemäß Vlbg. Bodenqualitätsverordnung.

6 Literatur

Amt der Vorarlberger Landesregierung (2001): Gesetz über die Ausbringung von Klärschlamm. LGBl.Nr. 41/985, 57/1997, 58/2001.

Amt der Vorarlberger Landesregierung (2002): Verordnung der Landesregierung über die Ausbringung von Klärschlamm. LGBl.Nr. 75/1997, 27/2002.

Amt der Vorarlberger Landesregierung (2019): Verordnung der Landesregierung zur Durchführung des Gesetzes zum Schutz der Bodenqualität (Bodenqualitätsverordnung); LGBl. Nr. 77/2018.

Amt der Vorarlberger Landesregierung – Abteilung Wasserwirtschaft (2017): Abwasserreinigungsanlagen in Vorarlberg. Jahresbericht 2017.

BMLFUW - Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2017): Richtlinien für die sachgerechte Düngung im Ackerbau und Grünland. Fachbeirat für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz, 7. Auflage.

Humer, M. (2017): Klärschlammkompost Kontrollbericht 2016. Auswertung der zentralen Klärschlammbuchhaltung. Umweltinstitut Bregenz.

Humer, M. (2019a): Klärschlammkompost – Düngung in der Landwirtschaft. Bericht 2017 – Auswertung der zentralen Klärschlammbuchhaltung. Umweltinstitut Bregenz.

Humer, M. (2019b): Gärsubstrate und Boden – Spurenstoffeinträge durch Biogasgülle und Gärrückstände in landwirtschaftlich genutzte Böden Vorarlbergs. Umweltinstitut Bregenz. Unveröffentlicht.

Schwarz, S. und Freudenschuss, A. (2004): Referenzwerte für Schwermetalle in Oberböden. Auswertungen aus dem österreichweiten Bodeninformationssystem BORIS. Monographie Bd. M-170, Umweltbundesamt, Wien.

Umweltinstitut
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