

Die Methodensammlung Feststoffuntersuchung
Version 1.1 ist veraltet und sollte nicht mehr
angewendet werden.

- Diese Datei wird nur zur Dokumentation weiter vorgehalten -

Die Neuauflage ist die
„Methodensammlung Feststoffuntersuchung 2.0“ vom
15.06.2021

[Download Methosa 2.0 von Umweltbundesamt.de](https://www.umweltbundesamt.de/methoden/methodensammlung-feststoffuntersuchung-20)



Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall

LAGA Forum Abfalluntersuchung

- Dr. Axel Barrenstein -



Fachbeirat Bodenuntersuchung (FBU)

- Prof. Dr. mult. K. Terytze -

M e t h o d e n s a m m l u n g F e s t s t o f f u n t e r s u c h u n g

Version 1.1

Stand: 04.07.2018

Umlaufbeschluss Nr. 42 / 2018 der Umweltministerkonferenz:
*„Die Amtschefkonferenz nimmt die Methodensammlung Feststoffuntersuchung
(Version 1.1) zur Kenntnis und stimmt deren Veröffentlichung zu.
Sie empfiehlt den Ländern, diese einzuführen.“*

Die Erarbeitung der Methodensammlung Feststoffuntersuchung erfolgte durch eine gemeinsame adhoc AG von LAGA Forum Abfalluntersuchung (Forum-AU) und Fachbeirat Bodenuntersuchung (FBU) auf Basis des Beschlusses der 87. UMK zu TOP 43 „Harmonisierung der Untersuchungsmethoden für den Feststoffbereich“ vom 02.12.2016.

Die Methodensammlung Feststoffuntersuchung stellt eine Zusammenführung der Inhalte der LAGA Methodensammlung Abfalluntersuchung V3.0 (14.10.2016) und der Methodensammlung Boden-/Altlastenuntersuchung V1.1 (28.02.2018) des Fachbeirates Bodenuntersuchung (FBU) dar. Inhaltlich wurden die untergesetzlichen Regelwerke des Kreislaufwirtschaftsgesetzes sowie des Bundesbodenschutzgesetzes in den jeweils aktuellen Fassungen zum Zeitpunkt des Redaktionsschlusses des LAGA-Forums vom 05.09.2017 und des FBU vom 10.11.2017 zitiert.

An der Erarbeitung beteiligte Personen in alphabetischer Reihenfolge:

Dr. Axel Barrenstein, Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW (FBU und LAGA Forum-AU); 2017, 2018

Dr. Jan Brodsky, Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (FBU und LAGA Forum-AU); 2017

Dr. Jürgen Diemer, Bayerisches Landesamt für Umwelt (LAGA Forum-AU); 2017, 2018

Dipl.-Geol. Dieter Horchler, Niedersächsisches Landesamt für Bau und Liegenschaften (FBU); 2018

Dr. Hartmut Jäger, Eurofins Umwelt West (FBU); 2017, 2018

Dr. Petra Lehnik-Habrink, Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung (FBU); 2017, 2018

Dr. Ingo Müller, Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (FBU); 2017

Dr. Ina Objartel, Zentrale Unterstützungsstelle – Abfall, Gentechnik und Gerätesicherheit beim Gewerbeaufsichtsamt Hildesheim (LAGA Forum-AU); 2017, 2018

Dipl.-Geol. Reinhard Sudhoff, Regierungspräsidium Kassel (LAGA Forum-AU); 2017, 2018

Inhaltsverzeichnis

Vorwort

I	Allgemeiner Teil.....	8
I.1	Ziel der Methodensammlung Feststoffuntersuchung.....	8
I.2	Anwendungshinweise zu gelisteten Methoden im Tabellenteil	10
II	Regelwerksbezogener Teil	13
II.1	Probenahmeplanung, Probenahme, Probenbeschreibung	13
II.1.1	Probenahmeplanung, Probenahme und Probenbeschreibung, Feststoffe (Boden).....	13
II.1.2	Probenahme Feststoffe (Abfall/Altlastlagerungen; abgeschobenes Bodenmaterial)	20
II.1.3	Probenahmeplanung, Probenahme Grundwasser, Sickerwasser	26
II.1.4	Probenahmeplanung, Probenahme Bodenluft	28
II.2	Schnellanalysenmethoden und Vor-Ort-Verfahren	30
II.3	Probenvorbereitung	33
II.3.1	Probenkonservierung, -transport, -lagerung	33
II.3.2	Probenvorbereitende Techniken	35
II.3.3	Mechanische Probenvorbereitung	40
II.3.4	Chemische Probenvorbereitung.....	47
II.4	Allgemeine Parameter	58
II.4.1	Feststoffe (pH-Wert, Trockenmasse, Glühverlust etc.)	58
II.4.2	Eluate, Perkolate, Wässer	61
II.5	Physikalische Parameter	64
II.5.1	Physikalische Parameter Feststoffe	64
II.6	Anorganische Analytik	67
II.6.1	Anorganische Analytik Feststoffe (einschließlich ölhaltige Abfälle).....	67
II.6.2	Anorganische Analytik Eluate, Perkolate, Wässer	93
II.6.3	Nährstoffanalytik	109
II.7	Organische Analytik.....	116
II.7.1	Abfallspezifische Grundlagen zur Untersuchung auf organische Stoffgruppen.....	116
II.7.2	Abfall-/Boden- und Altlastenuntersuchungsrelevante organische Stoffgruppen.....	119
II.7.3	Organische Analytik Feststoffe	131
II.7.4	Organische Analytik Eluate, Perkolate, Wässer	149
II.7.5	Organische Analytik Bodenluft	167
II.7.6	Organische Analytik Deponiegas	169
II.8	Summarische Parameter	171

II.8.1	Summarische Parameter Feststoffe.....	172
II.8.2	Summarische Parameter Eluate, Perkolate, Wässer	176
II.9	Biologische Verfahren	180
II.9.1	Allgemeines	180
II.9.2	Spezielle Verfahren zur Bestimmung der Abbaubarkeit (GB ₂₁ , AT ₄)... ..	182
II.9.3	Terrestische Verfahren	184
II.9.4	Aquatische Testverfahren (Eluate, Perkolate, Wässer)	187
II.9.5	Auswertung von Biotests und Ergebnisinterpretation.....	190
II.10	Angabe von Analysenergebnissen und Messunsicherheiten	190
II.11	Beurteilung der Stoffverteilungen in Haufwerken	192
II.12	Beurteilung der Vollständigkeit und Qualität von Gutachten bzw. Prüfberichten.....	197
III	Anhänge	201
III A.1	Untersuchungs- und fachtechnische Grundlagen	201
III A.1.1	Glossar	201
III A.1.2	Status von Normen und Richtlinien	203
III A.1.3	Angabe von Analysen- und Untersuchungsergebnissen	207
III A.2	Nutzungs- und Wirkungspfadspezifische Feststoffprobenahmeregeln... ..	209
III A.2.1	Nutzungsorientierte Beprobungstiefe für Untersuchungen des Wirkungspfad des Boden-Mensch und Boden-Grundwasser	209
III A.2.2	Wirkungspfadorientierte Probenahme für den Pfad Boden-Mensch, Boden-Nutzpflanze und Boden-Grundwasser	210
III A.3	Grundsätzliche Betrachtungen zu Elutions-/ Perkolationsverfahren.....	211
III A.3.1	Elutionsversuche mit dest. Wasser.....	211
III A.3.2	Elutionsverfahren mit wässrigen Lösungen mit Zusätzen sowie Extraktions-verfahren	212
III A.3.3	Perkolationsversuche mit dest. Wasser	213
III A.4	Versuch zur Ermittlung der Entzündlichkeit im Kontakt mit Wasser	214
III A.5	Literaturhinweise	218
III A.6	Abkürzungsverzeichnis	220

Vorwort

Diese Methodensammlung listet die in abfall- und bodenschutzrechtlichen Verordnungen genannten Untersuchungsmethoden sowie die Verfahren der Technischen Regeln der LAGA, der Fachmodule und –verbände auf. Überdies sind die Methoden gekennzeichnet, die im Handbuch Bodenuntersuchung als Norm abgedruckt sind. Zusätzlich werden auch aktuelle Verfahren aus der Normungsarbeit aufgenommen. Fortschrittliche und robuste Methoden sind farbig gekennzeichnet. Diese besonders zu empfehlenden Methoden sollten in künftigen Verordnungen und bei Einzelfallentscheidungen berücksichtigt werden.

Die Methodensammlung Feststoffuntersuchung listet auch die Analysenverfahren für flüssige Abfälle und die zur Boden-/Altlastenuntersuchung erforderlichen Untersuchungsverfahren für die Kontaktmedien Sickerwasser, (oberflächennahes) Grundwasser, Bodenluft und Deponiegas.

Die Methodensammlung richtet sich an folgende Zielgruppen:

1. Verordnungsgeber

Diese Sammlung soll Verordnungsgebern helfen, veraltete Verfahren zu identifizieren und stattdessen besser geeignete Untersuchungsverfahren in der Verordnungsgebung zu berücksichtigen. Sie soll gleichzeitig helfen, die Anzahl der unterschiedlichen Methoden für gleiche Analysenaufgaben an ähnlichen Materialtypen (Feststoff-Matrices) zu reduzieren und die Ergebnisqualität zu verbessern. Hieraus würde auch eine damit verbundene Vereinfachung zur Fortschreibung der Inhalte der Qualitätsmanagementhandbücher resultieren.

2. Vollzugsbehörden

In einigen Verordnungen werden zusätzlich zu den in der Verordnung genannten Verfahren gleichwertige Verfahren zugelassen. Diese Methodensammlung soll Vollzugsbehörden bei der Entscheidung unterstützen ob ein Verfahren als gleichwertig angesehen werden kann.

Darüber hinaus kann sie bei Einzelfallentscheidungen helfen, geeignete Methoden für die jeweilige Fragestellung auszuwählen.

3. Gutachter und Untersuchungsstellen

Diese Methodensammlung soll den Anwendern helfen, verordnungskonforme Verfahren auszuwählen und kann als Grundlage dienen, um Vorschläge für geeignete leistungsstarke alternative Untersuchungsverfahren auszuarbeiten.

Darüber hinaus kann sie bei Einzelfallentscheidungen helfen geeignete Methoden für die jeweilige Fragestellung auszuwählen.

Basierend auf dem Beschluss der 87. UMK und den Beschlüssen der 36. FBU (02/2017) sowie denen der 28. Sitzung des LAGA Forums Abfalluntersuchung (03/2017) wurden in der vorliegenden Sammlung erstmals Methoden und Verfahren aus den Bereichen der Boden-, Altlasten- und Abfalluntersuchung zusammengeführt und gemeinsam dargestellt. Diese Zusammenführung erfüllt auch ein Grundanliegen aus der Praxis von Behörden, Gutachtern und Untersuchungsstellen: durch die rechtsbereichsübergreifende Zusammenstellung wird eine Basis geschaffen, um dort, wo es möglich ist, eine Harmonisierung der Methoden zu erwirken und andererseits die Bereiche zu identifizieren, wo ein Nebeneinander von Methoden (noch) unvermeidbar ist.

Sachgerechte Entscheidungen setzen voraus, dass Untersuchungsergebnisse verlässlich ermittelt werden. Zu diesem Zwecke werden in den entsprechenden Regelwerken spezifische Untersuchungsverfahren zumeist vorgeschrieben. Untersuchungen auf Basis gleicher Verfahren sichern die Vergleichbarkeit und Qualität der Ergebnisse. In der Regel verläuft die Fortschreibung des Rechtes jedoch weniger schnell als die technische und normative Fortentwicklung der Untersuchungsverfahren. Es kommt daher vor, dass für die Bestimmung ein und derselben Parameter je nach Rechtsbereich unterschiedliche und unter Umständen nicht vergleichbare Verfahren herangezogen werden. Die Auswahl der Verfahren ist oftmals bei Behörden und Gutachter, aber auch bei den Untersuchungsstellen von Unsicherheit begleitet. Vielfach müssen von den Untersuchungsstellen auch fachlich veraltete Analyseverfahren vorgehalten werden. Dies verursacht nicht nur unnötige Kosten, sondern bedeutet für die Untersuchungsstellen zudem einen höheren Aufwand bei der Qualitätssicherung und Akkreditierung.

Die vorliegende Sammlung von Feld- und Labormethoden zur Probenahme, Probenvorbehandlung, -vorbereitung, -aufarbeitung und Analytik soll Behörden, Untersuchungsstellen und Gutachter unterstützen und die Abstimmung über die anzuwendenden Untersuchungsverfahren vereinfachen.

Die vorliegende Methodensammlung bezieht sich zum einen auf das untergesetzliche Regelwerk zum Kreislaufwirtschaftsgesetz, um eine ordnungsgemäße und schadlose Verwertung oder Beseitigung von Abfällen sicherzustellen. Zum anderen stellt diese Sammlung die Untersuchungsverfahren auf Basis der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) dar und berücksichtigt die fortschreitende Entwicklung der Analysenverfahren im Rahmen der nationalen und internationalen Normungsarbeit.

Die Methodensammlung wurde von einer gemeinsamen Arbeitsgruppe der Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) und des Fachbeirates für Bodenuntersuchungen (FBU) zusammengestellt und soll im Laufe der Zeit regelmäßig aktualisiert und ergänzt werden.

Der FBU wurde vom Bundesumweltministerium am 14. Juni 2000 einberufen und stellt Erkenntnisse über fortschrittliche Bodenuntersuchungsverfahren und -methoden zusammen und gibt entsprechende Empfehlungen ab. Darüber hinaus ist die vergleichende Bewertung von Verfahren und Methoden als wichtige Aufgabe des FBU anzusehen. Im FBU wirken auf Vorschlag der LABO Vertreter aus Arbeitsgruppen des BOVA und ALA mit.

Das LAGA Forum Abfalluntersuchung erarbeitete erstmals in 2008 im Auftrag des ATA der LAGA eine Methodensammlung zur Abfalluntersuchung und aktualisiert diese regelmäßig anhand der Erkenntnisse über fortschrittliche Verfahren der Abfalluntersuchung und gibt auf Grundlage einer vergleichenden Bewertung von Verfahren und Methoden Empfehlungen zur Anwendung.

Die Nummerierung der Versionen dieser Methodensammlung erfolgt nach folgendem Schema. Die Zahl vor dem Punkt bezeichnet Versionen mit inhaltlichen Änderungen wie z.B. von den Gremien empfohlene Untersuchungsmethoden. Die Zahl nach dem Punkt gibt lediglich Versionen mit redaktionellen Änderungen einschließlich der Aktualisierung der aufgeführten Methoden wieder.

I Allgemeiner Teil

I.1 Ziel der Methodensammlung Feststoffuntersuchung

Durch die vorliegende Methodensammlung soll eine

- zeitnahe Fortschreibung des Standes der Technik für Untersuchungen,
- Erhöhung der Effizienz durch Methodenharmonisierung (Reduzierung vorzuhaltender Methoden in Untersuchungsstellen),
- Reduzierung von Kosten und Zeitaufwand für die jeweiligen Messgrößen durch die Vereinheitlichung der Verfahren auch für verschiedene Rechtsbereiche,
- Steigerung der Qualität von Untersuchungen,
- Steigerung der Transparenz in der Weitergabe von Informationen in der Kette Auftraggeber-Gutachter-Labor-Gutachter-Auftraggeber-Behörde,
- Verbesserung der Übersicht und der Handhabung in der Praxis

unterstützt werden.

Ziel dieser Methodensammlung ist es, als Kompendium für gesetzliche und untergesetzliche Regelungen in den Bereichen Abfall, Bodenschutz und Altlasten zu dienen. Zur zukünftigen Vereinheitlichung der Vorgaben für Untersuchungen werden somit die notwendigen Grundlagen bereitgestellt, um im Zuge einer Methoden-Harmonisierung robuste und leistungsstarke Verfahren vorrangig anwenden zu können. Die vorliegende Zusammenstellung soll darüber hinaus dem mit der Thematik befassten Personenkreis, u. a.

- Abfallerzeuger oder Eigentümer/Besitzer gemäß BBodSchV zu untersuchender Flächen
- Gutachter
- Untersuchungsstelle
- Vollzugsbehörde
- Akkreditierungsstelle

einen Überblick und eine Hilfestellung zu den im Bereich Abfall, Bodenschutz und Altlasten verwendeten Untersuchungsverfahren geben. Soweit keine gesetzlichen Vorgaben für den Bereich existieren oder gleichwertige Verfahren in den Rechtsgrundlagen zugelassen sind (z. B. Anh. 4 Nr. 3 DepV) kann dieses Kompendium eine Entscheidungshilfe zur Verfahrensauswahl darstellen.

Die Fortschreibung der „Methosa FU“ wird durch eine Anpassung der Kennzeichnung der Version deutlich gemacht. Kleinere methodische Anpassungen finden ihren Niederschlag in der Erhöhung der Nebenversionsnummer (z.B. V1.1). Bei größeren Überarbeitungen, z.B. nach Inkrafttreten einer novellierten Fassung des Anhang 1 BBodSchV oder Anhang 4 DepV, erfolgt die Höherzählung der Version (z.B. V2.0).

Bei der Auswahl von Verfahren zur Untersuchung von Abfällen, sowie Böden und Materialien, auch von altlastverdächtigen Flächen und Altlasten ist vor allem deren Vielfalt zu berücksichtigen. Unterschiedliche Abfälle, Boden- bzw. bodenähnliche Materialien wie:

- Klärschlamm, Kompost
- Aschen und Schlacken und andere feste Abfälle zur Verwertung (z.B. Sekundärbrennstoffe, Baustellenmischabfälle, mineralische Ersatzbaustoffe und -baustoffgemische, Bodenaushub)
- feste Abfälle zur Beseitigung (z. B. Filterstäube, Baustellenmischabfälle mit schädlichen Verunreinigungen, Abfälle aus der chem. Industrie, ausgekofferte belastete Feststoffe aus dem Altlastenbereich), sowie „spezielle Abfallarten“ (z.B. Shredderleichtfraktionen, Althölzer, Altöl)
- Materialien für technische Bauwerke, wie (z.B. mineralische Baustoffe und Baustoffgemische)
- Unbelasteter Boden und (Boden-) Materialien zur Anwendung auf, in, oder unter der durchwurzelbaren Bodenschicht zur Übernahme von Bodenfunktionen
- Boden/Bodenaushub aus dem Altlastenbereich (z.B. Zechen-, Kokerei- oder Tankstellenstandorte) oder bei schädlichen Bodenveränderungen (z.B. Bodenmaterial nach Gefahrstoffunfällen, Brandschadensereignissen)

erfordern ein differenziertes Vorgehen nicht nur bei den für den Aussagewert von Untersuchungen besonders wichtigen Probenahmen, sondern auch bei den nachfolgenden Schritten der Probenvorbereitung und den anzuwendenden Analyseverfahren.

Die grundlegenden fachlichen Anforderungen für Abfalluntersuchungen sind den entsprechenden Anhängen des untergesetzlichen Regelwerks zum Kreislaufwirtschaftsgesetz sowie sonstigen Regelwerken in Verbindung mit dem Fachmodul Abfall zu entnehmen. Untersuchungsverfahren werden derzeit aus folgenden Regelwerken/Regelungen hier abgebildet:

1. Deponieverordnung (DepV), Anhang 4
2. Versatzverordnung (VersatzV), Anhang 3
3. Klärschlammverordnung (AbfKlärV)
4. Bioabfallverordnung (BioAbfV), Anhang 3
5. Altholzverordnung (AltholzV), Anhang 4
6. Altölverordnung (AltölV), Anlage 2
7. EU-POP-Verordnung (EU-POP-VO)
8. LAGA-Mitteilung 20 Teil III Probenahme und Analytik; Stand: 05.11.2004 (LAGA M20)
9. Abfallrechtliche Marktüberwachung (MÜ)

Die grundlegenden fachlichen Anforderungen für die Boden-/Altlastenuntersuchungen sind den entsprechenden Anhängen des untergesetzlichen Regelwerks zum BBodSchG, der BBodSchV sowie sonstigen Regelungen, wie dem Fachmodul Boden und Altlasten zu entnehmen.

Zu beachten ist außerdem, dass insbesondere bei der bodenbezogenen Verwertung von Abfällen und beim Umgang mit Bodenmaterial mitunter weitere Rechtsbereiche mit ggf. eigenen Festlegungen zur Untersuchung zu berücksichtigen sind. Ein Beispiel dafür ist die Verwertung mineralischer Abfälle durch Auf- oder Einbringen auf oder in den Boden, die die Berücksichtigung sowohl bodenschutz- als auch wasserrechtlicher Vorgaben erforderlich macht.

I.2 Anwendungshinweise zu gelisteten Methoden im Tabellenteil

Fortschrittliche, robuste und leistungsstarke Verfahren, die vom Fachbeirat Bodenuntersuchung (FBU) und/oder vom LAGA Forum Abfalluntersuchung (Forum-AU) empfohlen werden, sind in grün hinterlegt und stellen somit „**Premiumverfahren**“ dar. In den Feldern werden die Gremien genannt, von denen die Empfehlung ausgesprochen wurde.

Als „**Spezialverfahren**“ gekennzeichnete Methoden können für bestimmte Fragestellungen herangezogen werden und können derzeit nicht durch ein fortschrittlicheres Verfahren ersetzt werden; sie stellen Verfahren einer gehobenen Leistungsfähigkeit dar. Nicht näher gekennzeichnete Verfahren sind als „**Standardverfahren**“ anzusehen, deren Leistungsstärke im mittleren Segment anzusiedeln ist.

Extrem **leistungsschwache** und **defizitäre Verfahren** werden mit entsprechenden Kommentaren im Feld „Leistungsgrenzen/Bemerkungen“ individuell charakterisiert.

Ungültige oder **zurückgezogene bzw. ersetzte Verfahren**, die dennoch in derzeit gültigen Regelwerken/Regelungen aufgeführt sind, werden durchgestrichen dargestellt.

Die Verknüpfung zum Fachmodul Abfall (FMA) bzw. Fachmodul Boden-Altlasten (FM-BA) und zum Handbuch Bodenuntersuchung (HBU) mit den dort abgedruckten Normen ist durch das Kürzel "FMA,,, „FM-BA“, „HBU“ gegeben.

Vorgehen zur Auswahl eines Verfahrens für den Verordnungsgeber:

In Verordnungen sollten nur Verfahren genannt werden, die grün hinterlegt sind. Für bestimmte Fragestellungen kann es vorteilhaft sein, die als Spezialverfahren gekennzeichneten Methoden aufzunehmen.

Vorgehen zur Auswahl eines leistungsstarken Verfahrens für den Anwender (Auftraggeber, Labor, Gutachter, Behörde)

1. Parameter auswählen.
2. Prüfen ob ein **grünes** Verfahren für den **betroffenen** Rechtsbereich (in rechter Spalte) zugelassen ist.
3. Wenn ja, ist dieses im Regelfall auszuwählen.
4. Wenn nicht, prüfen ob die Verordnung gleichwertige Verfahren zulässt. Ist dies der Fall entscheidet die zuständige Behörde ob das gewählte Verfahren gleichwertig ist. Diese kann für die Prüfung die grün gekennzeichneten als Entscheidungsgrundlage nutzen.

Für den bodenschutzrechtlichen Bereich gilt, dass vom FBU empfohlene Verfahren verwandt werden dürfen, da der FBU zur Feststellung der Gleichwertigkeit von Untersuchungsverfahren und zur Fortschreibung des Standes der Untersuchungstechnik autorisiert ist. Der FBU hat hierbei eine vergleichende Bewertung durchgeführt und hat die als gleichwertig anerkannten Verfahren als „Premiumverfahren“ ausgewiesen. Sie sind grün markiert und tragen die Kennzeichnung „FBU“. Dabei wurden diese Verfahren aus folgenden Gründen vom FBU als gleichwertig anerkannt:

- Formale Angleichung von Normen; vom Entwurf zur Endfassung; Übernahme einer Europäischen zur Deutschen Norm;
- Angleichung oder Aktualisierung von Normen mit inhaltlichen Änderungen jedoch auf gleicher Methodenbasis (z.B. Optimierungen zum Erreichen von verbesserten Bestimmungs-/Nachweisgrenzen oder Verbesserung der Analysen- oder Ergebnisqualität) ohne Notwendigkeit einer erneuten Validierung;
- Bei neuen Normen auf anderer Methodenbasis (z.B. AAS, ICP) oder stark veränderten Normen erfolgte die Anerkennung auf Grundlage der Validierungsergebnisse.
- Bei einem anderen Medienbereich liegt eine vergleichbare Norm vor, die gleichwertige Ergebnisse liefert und somit der Methodenharmonisierung zwischen den Rechtsbereichen Rechnung trägt.

Für abfallrechtliche Regelwerke entscheidet die zuständige Behörde, ob das gewählte Verfahren gleichwertig ist. Die Behörde kann hierfür die vom Forum-AU empfohlenen Verfahren als Entscheidungsgrundlage nutzen.

II Regelwerksbezogener Teil

II.1 Probenahmeplanung, Probenahme, Probenbeschreibung

Grundvoraussetzung für eine sachgerechte Beurteilung ist es, dass die Ergebnisse der Untersuchungen ein zuverlässiges Abbild der stofflichen Zusammensetzung des Untersuchungsobjektes geben. Das Untersuchungsobjekt muss dazu hinreichend beschrieben sein und es muss ausreichend bekannt sein, für welche Grundgesamtheit es repräsentativ ist. Dies ist bei der Untersuchung von Altablagerungen und Altstandorten oft besonders schwierig, da sowohl die Schadstoffverteilung als auch der Untergrund häufig sehr heterogen sind. Die Qualität der Probenahme bestimmt deshalb häufig im Vergleich zu den physikalischen und chemischen Untersuchungsverfahren die Qualität und Interpretierbarkeit der Ergebnisse.

Eine fachgerechte Probenahme setzt immer einen Probenahmeplan voraus. Er beschreibt an welchen Stellen, wieviele und welche Proben mit welchen Geräten genommen werden sollen und in welchen Gefäßen mit welchen Stabilisierungsmitteln diese anschließend zu transportieren sind. Im Rahmen eines qualitätsgesicherten Prozesses ist die Aufstellung und die Dokumentation des Probenahmeplanes und seiner Umsetzung einschließlich des Probenahmeprotokolls unerlässlich.

II.1.1 Probenahmeplanung, Probenahme und Probenbeschreibung, Feststoffe (Boden)

Tab.II.1.1 Probenahmeplanung, Probenahme und Probenbeschreibung, Feststoffe (Boden)

Lfd. Nr.	Anwendungsbereich	Verfahren	Kurzbeschreibung	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
1	Materialien aus den Bereichen: Boden, Bodenmaterial, altlastverdächtigen Flächen, oder zum Auf- oder Einbringen vorgesehen sind; auch für Bodenluft	Vorgaben gemäß Anhang I BBodSchV	Generelle Anforderungen an die Probenahme; differenziert nach Wirkungspfaden: Boden-Mensch, Boden-Nutzpflanze, Boden-Grundwasser	Wirkungspfadspezifisch: Ingestion, Inhalation, Boden-Pflanze, Boden-Grundwasser, Verwehung		BBodSchV
2	Bodenprobenahme, Anleitung zur Aufstellung von PN-Programmen	(E-) DIN ISO 10381-1 (02/1996) (08/2003)	Festlegung von Probeentnahmepunkten, Probenahmestrategie, Vorgehensweise bei der PN, Dokumentation, QS	Veralteter Stand von 1996 bzw. 2003	Ersatz durch Reihe DIN ISO 18400 vorgesehen	BBodSchV HBU FM-BA FMA AbfKlärV
3	Bodenprobenahme, Probenahmeplanung	ISO 18400-101 (01/2017)	Anleitung zur Vorbereitung und Anwendung von Plänen zur Bodenprobenahme in Abhängigkeit von Aufgabenstellung und Rahmenbedingungen	Nachfolgenorm der DIN ISO 10381; Übernahme als DIN ISO 18400-101 ist beschlossen	FBU	
4	Bodenprobenahme, Anleitung für Probenahmeverfahren	(E-) DIN ISO 10381-2 (02/1996) (08/2003)	Techn. Rahmenbedingungen und Durchführungsmöglichkeiten bei der Bodenprobenahme mittels manueller und geräteunterstützter Verfahren	Veralteter Stand von 1996 bzw. 2003	Ersatz durch Reihe DIN ISO 18400 vorgesehen	BBodSchV HBU FM-BA AbfKlärV
5	Bodenprobenahme, Anleitung für Probenahmeverfahren	ISO 18400-102 (01/2017)	Auswahl und Anleitung von Probenahmeverfahren	Nachfolgenorm der DIN ISO 10381; Übernahme als DIN ISO 18400-102 ist beschlossen	FBU	
6	Bodenprobenahme, Anleitung zur Sicherheit bei der Probenahme	(E-) DIN ISO 10381-3 (02/1996) (08/2002)	Beschreibung typischer Gefährdungen bei der Entnahme von Bodenproben	Veralteter Stand von 1996 bzw. 2002	Beachtung von DGVV-Regel 101-004 und TRGS 524	BBodSchV HBU

Tab.II.1.1 Probenahmeplanung, Probenahme und Probenbeschreibung, Feststoffe (Boden)

Lfd. Nr.	Anwendungsbereich	Verfahren	Kurzbeschreibung	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
7	Bodenprobenahme, Anleitung zur Sicherheit bei der Probenahme	ISO 18400-103 (01/2017)	Anleitung zur Identifizierung von Gefahren bei der Bodenprobenahme und zur Risikominimierung	Nachfolgenorm der ISO 10381-3; Übernahme als DIN ISO abgelehnt, da national die DGUV-Regel 101-104 (ehem. BGR 128) und TRGS 524 zu beachten sind. - Nicht anzuwenden -		
8	PN bei der Untersuchung von natürlichen, naturnahen und Kulturstandorten	(E-) DIN ISO 10381-4 (02/1996) (04/2004)	Entscheidungshilfen zur Wahl der geeigneten PN-Art bei land- und forstwirtschaftlichen Fragestellungen	Veralteter Stand von 1996 bzw. 2004	Ersatz durch Reihe DIN ISO 18400 vorgesehen	BBodSchV HBU FM-BA FMA AbfKlärV
9	Probenahme bei der Untersuchung von natürlichen, naturnahen und Kulturstandorten	ISO DIS 18400-205 (10/2017)	Entscheidungshilfen zur Wahl der geeigneten Vorgehensweise zur Probenahme bei land- und forstwirtschaftlichen Fragestellungen	Nachfolgenorm der ISO 10381-4; Übernahme als DIN ISO nach Fertigstellung zu erwarten	Spezialverfahren	
10	Anleitung für die Vorgehensweise bei der Untersuchung von Bodenkontaminationen auf urbanen und industriellen Standorten	DIN ISO 10381-5 (02/2007)	Anleitung für das Zusammentragen von Informationen, Entwicklung von Kontaminationshypothesen und Probenahmestrategien	obligatorischer Parameter gemäß FM-BA	Ersatz durch Reihe DIN ISO 18400 vorgesehen	HBU FM-BA
11	Bodenprobenahme, Probenahmestrategie	ISO DIS 18400-104	Anleitung zum Entwickeln und Anwenden von Strategien zur Bodenprobenahme	Nachfolgenorm für Teile der (DIN) ISO 10381-1 und ISO 10301-8; Übernahme als DIN ISO beschlossen, da es keine Alternative gibt	FBU	
12	Bodenkontaminationen; Erstuntersuchungen	ISO FDIS 18400-202	Anleitung zur Erfassung von Verdachtsflächen, Recherche von Informationen und Erstbewertung	Nachfolgenorm für Teile der DIN 10381-5; Probenahme spielt hier praktisch keine Rolle	FBU	
13	Bodenkontaminationen; Untersuchung von Verdachtsflächen	ISO FDIS 18400-203	Anleitung zur Untersuchung von kontaminationsverdächtigen Flächen	Nachfolgenorm für Teile der DIN ISO 10381-5	FBU	

Tab.II.1.1 Probenahmeplanung, Probenahme und Probenbeschreibung, Feststoffe (Boden)

Lfd. Nr.	Anwendungsbereich	Verfahren	Kurzbeschreibung	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
14	Altablagerungen (AA); abgeschobenes Bodenmaterial (Haufwerke); heterogene und inhomogene Materialien	LAGA PN 98 (12/2001)	Feststoffcharakterisierende PN, „Hot-spot“-PN Volumen-/ Massen-abhängige PN Sortenreine PN; Vor-Ort-Analytik	Ungeeignet für nicht stichfeste und flüssige Materialien	Forum-AU	DepV FMA FM-BA HBU
15	Arbeitssicherheit kontaminierte Bereiche Tiefbau	BGR 128 (02/2006)	Berufsgenossenschaftliche Regeln für Sicherheit u. Gesundheit bei der Arbeit (BG-Regeln); Arbeiten in kontaminierten Bereichen	Ersatz für die in der BBodSchV zitierte ZH 1/183 (04/1997)	wurde umbenannt in DGUV-Regel 101-004	HBU
16	Arbeitssicherheit; kontaminierte Bereiche Tiefbau	DGUV-Regel 101-004	Berufsgenossenschaftliche Regeln für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit (BG-Regeln); Arbeiten in kontaminierten Bereichen	Umbenennung der BGR 128 (Stand 2006) ohne inhaltliche Änderungen	FBU, Forum AU	
17	Technische Regeln für Gefahrstoffe Schutzmaßnahmen für Tätigkeiten in kontaminierten Bereichen Ausgabe: Februar 2010	TRGS 524	Die Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS) geben den Stand der Technik, Arbeitsmedizin und Arbeitshygiene sowie sonstige gesicherte Erkenntnisse für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen einschließl. deren Einstufung u. Kennzeichnung wieder	Konkretisiert die GefStoffV; zusammen mit DGUV-Regel 101-004 anzuwenden		BBodSchV
18	PN Sedimente	DIN 38414-11 (1987)		Nicht im Regelungsbereich des BBodSchG aber obligatorischer Parameter gemäß FM-BA		FM-BA
19	Umfassende Anleitung zur bodenkundlichen Kartierung	Bodenkundliche Kartieranleitung 4. Auflage (1994)		Ersetzt durch 5. Auflage unter Einarbeitung der Kriterien für die Stadtbodenkartierung Empfehlung: KA5 verwenden		BBodSchV
20	umfassende Anleitung zur bodenkundlichen Kartierung incl. Stadtbodenkartierung	Bodenkundliche Kartieranleitung 5.Auflage (KA5) (2005)		umfassende, grundlegende Ansprache; Nachfolge KA6 in Vorbereitung	FBU	HBU FM-BA

Tab.II.1.1 Probenahmeplanung, Probenahme und Probenbeschreibung, Feststoffe (Boden)

Lfd. Nr.	Anwendungsbereich	Verfahren	Kurzbeschreibung	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
21	Beschreibung von Bodenhorizonten und –profilen sowie der bodenkundlichen und sensorischen Ansprache von Bodenproben; keine PN-Anleitung	Arbeitshilfe für die Bodenansprache im vor- und nachsorgenden Bodenschutz, Auszug aus der KA5, 2009 („KA5-kurz“)		Kein Unterschied zur KA5, zu erfassende Merkmalsanzahl ist auf das des Vollzugs des BBodSchG ausgelegt	FBU	HBU FM-BA
22	Hinweise zur Mischprobenbildung	VDLUFA-Methodenhandbuch, Band 1, A1	Untersuchung landwirtschaftlich genutzter Flächen	obligatorischer Parameter gemäß FM-BA		FM-BA
23	Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden Teil 1: Benennung und Beschreibung, Probenbeschreibung, Geotechnische Erkundung und Untersuchung	DIN EN ISO 14688-1 (06/2011) (05/2018)	Stellt die Grundprinzipien dar für die Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Böden (Lockergestein) für bautechnische Zwecke	Für die Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Böden für bodenkundliche Aufgaben und Altlastenmaterialien wird auf ISO 11259 verwiesen; obligatorischer Parameter gemäß FM-BA:	FBU	HBU FM-BA
24	Probenbeschreibung, Geotechnische Erkundung und Untersuchung	DIN EN ISO 14689-1 (06/2011)	Stellt die Grundprinzipien dar für die Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Festgesteinen für bautechnische Zwecke	Gilt nur für Geotechnik; obligatorischer Parameter gemäß FM-BA		HBU FM-BA
25	Zeichnerische Darstellung bodenkundlicher Untersuchungsergebnisse	DIN 19673 (04/2013)	Darstellung und Schreibweise von bodenkundlichen Profilaufnahmen		FBU	HBU
26	Zeichnerische Darstellung von Bohrungen	DIN 4023 (02/2006)	Zeichnerische Darstellung der Ergebnisse von Bohrungen und sonstigen direkten geologischen Aufschlüssen		FBU	
27	Dokumentation der Bodenprobenahme	ISO 18400-107 (01/2017)	Aufzeichnungen und Berichtswesen bei der Bodenprobenahme	Beschreibt die Mindestanforderungen an die Dokumentation bei der Bodenprobenahme; Übernahme als DIN ISO beschlossen	FBU	

Tab.II.1.1 Probenahmeplanung, Probenahme und Probenbeschreibung, Feststoffe (Boden)

Lfd. Nr.	Anwendungsbereich	Verfahren	Kurzbeschreibung	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
28	Qualitätsmanagement bei der Bodenprobenahme	ISO 18400-106 (01/2017)	Anleitung zur Qualitätskontrolle und Qualitätssicherung bei der Bodenprobenahme	Nachfolgenorm für Teile der DIN ISO 10381-1; Übernahme als DIN ISO beschlossen	FBU	
29	Erkundung und Untersuchung - Probenentnahmeverfahren und GW-Messungen - Teil 1: Techn. Grundlagen der Ausführung	DIN EN ISO 22475-1 (01/2007)	Techn. Grundlagen zur Entnahme von Proben von Boden, Fels, GW; GW-Messungen	Gilt formal nicht für die Gewinnung von Bodenproben für landwirtschaftliche und umweltbezogene Bodenuntersuchungen. Ersatz für DIN 4021 und DIN 4022; Hilfreiche Darstellung der Probenahmegeräte; Beschreibung der Einsatzbereiche für Bodenuntersuchungen	FBU	HBV FM-BA
30	PN von Schwebstoffen und Sedimenten	AQS Merkblatt P8/4 (2002)		Ggf. hilfreich		
31	PN Baugrund	DIN 4021 (10/1990)		Zurückgezogen; wurde durch DIN EN ISO 22475-1 ersetzt;		BBodSchV HBV
32	Probenahme aus Gesteinskörnungen	DIN 52101 (03/1988) (06/2005) (10/2013)		ergänzt DIN EN 932-1 (03/1988); ungeeignet zur Schadstoffcharakterisierung		BBodSchV HBV
33	PN Gesteinskörnungen aus Lieferungen, Lager und Anlagen; Verfahren zur Anwendung im Bauwesen	DIN EN 932-1 (11/1996)	Entnahme von EP und/oder Bildung von SP	Ausschließlich geeignet zur Qualitätssicherung bei der Produktionskontrolle; keine grundmen-genabhängige PN; Ungeeignet zur Schadstoffcharakterisierung der beprobten Grundmenge; keine HOT-SPOT-PN im Zweifelsfall Schadstoffcharakterisierende PN durch LAGA PN 98	sollte ersetzt werden durch: LAGA PN 98	BBodSchV HBV

Tab.II.1.1.1 Probenahmeplanung, Probenahme und Probenbeschreibung, Feststoffe (Boden)

Lfd. Nr.	Anwendungsbereich	Verfahren	Kurzbeschreibung	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
34	PN Baugrund; Bestimmung der Korngrößenverteilung	DIN 18123 (11/1996) (04/2011)		Veraltete bzw. zurückgezogene Norm wurde ersetzt durch DIN EN ISO 17892-4 (04/2017)		BBodSchV HBU AbfKlärV FMA
35	Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Laborversuche an Bodenproben; Bestimmung der Korngrößenverteilung	DIN EN ISO 17892-4 (04/2017)	Bestimmung der Korngrößenverteilung von Bodenproben für die geotechnische Erkundung		FBU	HBU
36	PN Bodenverbesserer, Kultursubstrate	DIN EN 12579 (01/2000) (02/2014)	Festlegung von PN-Zeitpunkt u.-Menge; EP-Anzahl; SP; Probenbeschriftung u.-Versand			BioAbfV HBU

II.1.2 Probenahme Feststoffe (Abfall/Altablagerungen; abgeschobenes Bodenmaterial)

Grundvoraussetzung für eine sachgerechte Beurteilung ist es, dass die Ergebnisse der Untersuchungen ein zuverlässiges Abbild der stofflichen Zusammensetzung des Abfalls geben. Dies ist bei Abfällen besonders schwierig, da neben einer inhomogenen Schadstoffverteilung verschiedene Abfälle zusätzlich noch eine heterogene Matrix aufweisen. Die Probenahme ist deshalb integraler Bestandteil der physikalischen, chemischen und biologischen Untersuchung und beeinflusst maßgeblich die Qualität der Ergebnisse.

Um die Ergebnisunsicherheit in engen Grenzen zu halten sind die Vorgaben der LAGA PN 98 (Referenzverfahren der Probenahme) stringent einzuhalten. Eine Unterschreitung der Mindestmischprobenanzahl ($n=2$) bei je 4 Einzelproben ist unzulässig!

Das von der LAGA aufgestellte Regelwerk PN 98 enthält Vorgaben zu

- Probenahmeverfahren und -strategien sowie
- Anzahl und Größe der zu entnehmenden Einzel-, Misch- und Sammelproben

in Abhängigkeit von Grundmenge, Konsistenz, Teilchen- und Stückgrößenverteilung.

Es ist zu beachten, dass es sich bei diesen Vorgaben um grundlegende Anforderungen handelt. Je nach Zielsetzung (z. B. Forschungsvorhaben mit erhöhten Anforderungen an Zuverlässigkeit/ Vertrauenswürdigkeit und der Heterogenität der Abfälle) kann das Anforderungsniveau auch sehr viel höher liegen.

II.1.2.1 *Schulungsinhalte für Probenehmer nach LAGA PN 98*

Für die sachgerechte und zielorientierte Durchführung der Probenahme ist die Fach-/ Sachkompetenz der Probenehmer von entscheidender Bedeutung. Die gewonnenen Proben müssen weitestgehend die gleiche Zusammensetzung und Beschaffenheit des beprobten Feststoffes aufweisen.

Schulungen für Probenehmer nach LAGA PN 98 sollen daher mindestens Inhalte aus folgenden Bereichen vermitteln:

- einschlägige Publikationen zu Probenahme-Praxis und -Theorie
- Hintergrundwissen zu einschlägigen Probenahmennormen im Zusammenhang mit den einschlägigen Regelungen
- Probenahme von ruhenden und bewegten Stoffströmen inkl. der erforderlichen Probenahmetechniken und -Geräte für die zu beprobenden Materialien
- Qualitätssicherung und -kontrolle bei der Probenahme
- Probenvorbehandlung Vor-Ort
- Vor-Ort -Analytik als wesentlicher Bestandteil der Qualitätskontrolle zwecks Einschätzung des „Grades der Abbildung“ der Stoffverteilung der zu charakterisierenden Grundmenge durch die Feld- bzw. Mischprobe(n)
- Bedeutung der Stoffverteilung im Zusammenhang mit der Haufwerksgröße und Zusammensetzung (Stichwort: Heterogenität, inhomogene Stoffverteilung), der Mindestanzahl und dem Mindestvolumen der Einzel-, Misch-/ Sammel- und Laborproben, sowie dem Erhalt der Prüfmerkmalsverteilung und der erforderlichen Mindestanzahl der Prüfmerkmale (Stichwort: Repräsentativität bzw. Eignung zur Charakterisierung des Abfalls) als Maß der Ergebnisqualität.
- Praktische Durchführung einer Probenahme durch die Teilnehmer

Tab.II.1.2 Probenahme Feststoffe (Abfall/Altanlagen; abgeschobenes Bodenmaterial)

Lfd. Nr.	Anwendungsbereich	Verfahren	Kurzbeschreibung	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
1	Feste Abfälle; Stichfeste Abfälle; abgelagerte Abfälle; Ruhende und bewegte Stoffströme; Heterogene und inhomogene Materialien	LAGA PN 98 (12/2001)	Abfallcharakterisierende PN „Hot-spot“-PN Volumen-/ Massenabhängige PN Sortenreine PN Vor-Ort-Analytik	Ungeeignet für nicht stichfeste und flüssige Abfälle	Forum-AU	DepV LAGA M20
2	PN aus Gesteinskörnungen aus Lieferungen, Lager und Anlagen; Verfahren zur Anwendung im Bauwesen	DIN EN 932-1 (11/1996)	Probenahmeverfahren zur Untersuchung und Qualitätssicherung von technisch hergestellten Baumaterialien	keine grundmengenabhängige Probenahme; Ungeeignet zur Schadstoffcharakterisierung der beprobten Grundmenge; keine HOT-SPOT-Probenahme im Zweifelsfall Schadstoffcharakterisierende PN durch LAGA PN 98	sollte ersetzt werden durch: DIN 19698-2 (12/2016)	LAGA M20 HBU
3	Probenahmeplanung von Abfällen	DIN EN 14899 (04/2006)	Erstellen von PN-Plänen nach ausschließlich statistischen (theoretischen) Ansätzen	Keine konkreten Handlungsempfehlungen zur Durchführung der Probenahme; nicht vollzugspraxistauglich! Wird durch LAGA PN 98 für den Vollzug konkretisiert!	Statt dieser Norm wurde die LAGA PN 98 für D von der EU notifiziert	
4	Probenahme flüssiger "Abfälle"	DIN 51750 Teil 1 bis 3 (12/1990)	Grundlegende Aussagen zur Probenahme an Mineralölerzeugnissen. Da spezifische PN-Richtlinie für flüssige Abfälle fehlt, ist diese Norm hilfsweise zu verwenden	Inhomogenitäten/ Mehrphasensysteme bei flüssigen Abfällen sind bei der PN-Strategie zu berücksichtigen Norm aus dem Bereich „Mineralöle“; diese Norm war Grundlage für die "Langfassung der LAGA PN 2/78K" zur Beprobung fl. Abfälle	Forum-AU	Altölv BioAbfV ¹ FMA

¹ BioAbfV zitiert DIN 51750-1 und DIN 51750-2

Tab.II.1.2 Probenahme Feststoffe (Abfall/Altanlagen; abgeschobenes Bodenmaterial)

Lfd. Nr.	Anwendungsbereich	Verfahren	Kurzbeschreibung	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
5	PN Stoffliche, energetische Verw. und Beseitigung von Altholz	AltholzV Anhang IV, 1.1 Probenahme	Probenahme aus bewegtem Stoffstrom; Entnahme von EP, Bildung von MP	Keine differenzierte PN-Strategie zur Materialcharakterisierung; keine sortenreine PN; nur "Produktkontrolle"; keine Haufwerksbeprobung vorgesehen; unzureichende Probenmengen		AltholzV
6	Abfall-PN am Entstehungsort; Abfall-PN am Ort der Verwertung	VersatzV Anlage 3, 1.1 Probenahme		Keine konkreten Handlungsempfehlungen Kein konkreter Hinweis zum PN-Verfahren	sollte ersetzt werden durch: LAGA PN 98	VersatzV
7	PN von Bodenverbesserungsmitteln und Kultursubstraten	DIN EN 12579 (01/2000)	PN von losem und verpacktem Material	Nur anwendbar bei homogenen Produkten Probenahmeverfahren nicht konkret; Probenahmequalitätsziele werden nicht erreicht;		BioAbfV FMA
8	PN von Schlämmen verschiedener Konsistenz	DIN EN ISO 5667-13 (08/2011)	PN von Schlämmen aus unterschiedlichen Anlagen, Haufwerken und Transportfahrzeugen	Keine differenzierte PN-Strategie Testprobenahme ermöglicht die Berücksichtigung der inhomogenen Stoffverteilung		BioAbfV FMA

Tab.II.1.2 Probenahme Feststoffe (Abfall/Altablagerungen; abgeschobenes Bodenmaterial)

Lfd. Nr.	Anwendungsbereich	Verfahren	Kurzbeschreibung	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
9	Feststoffe (Haufwerke)	DIN19698-1 (05/2014)	Segmentorientierte PN an Haufwerken von homogener bis extrem heterogener Zusammensetzung; Volumenabhängige PN; Gewinnung von EP, MP,LP	Keine Hot-spot PN; Keine Entnahme von SP vorgesehen; Festschreibung der Analysenprobenanzahl; Teilweise inhaltliche Überschneidungen mit der LAGA PN-98 Für Geltungsbereich BBodSchV nur eingeschränkt geeignet!		HBU AbfKlärV FMA
10	Feststoffe (Haufwerke, von denen bekannt ist, dass sie eine „weitestgehend gleichbleibende stoffl. Zusammensetzung aufweisen)	DIN 19698-2 (12/2016)	Materialcharakterisierende PN an Haufwerken für die Untersuchung einer zu bildenden gemeinsamen Mischprobe	Keine Verfahren zur Charakterisierung der inhomogenen stofflichen Zusammensetzung von Abfällen; Keine Aussage über Schwankungen in der stofflichen Verteilung der Grundmenge möglich; Für Entsorgungsfragen ungeeignet; Geeignet zur stofflichen Charakterisierung von Produkten, güteüberwachten RC-Materialien; leistungstärker als DIN EN 932-1 Für Geltungsbereich BBodSchV i.d.R. nicht geeignet!		HBU
11	HOT-SPOT-Probenahme Feststoffe (Haufwerke)	DIN 19689-5 (06/2018)	Hinweise zur HOT-SPOT-Beprobung	Keine stoffliche Charakterisierung der Grundmenge möglich; ausschließlich für HOT-SPOT-PN geeignet	Spezialverfahren	

Tab.II.1.2 Probenahme Feststoffe (Abfall/Altablagerungen; abgeschobenes Bodenmaterial)

Lfd. Nr.	Anwendungsbereich	Verfahren	Kurzbeschreibung	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
12	Probenahme von Linienbauwerken	E-DIN 19698-6 (01/2017)	Zur Bankett-/ Gleisschotterbeprobung vorgesehen;	Stoffliche Charakterisierung der Grundmenge durch Einzel-, Misch- und Laborproben; Keine Sammelprobenuntersuchung möglich; keine Hot-spot-PN; ungeeignet zur Flächen-PN aufgrund fehlender PN-Strategie; Zur Beprobung im „außerstädtischen Bereich“ bei nachgewiesener homogener Stoffverteilung anwendbar; Unverhältnismäßig großer Aufwand für Gleisschotteruntersuchungen; ungeeignet für Geltungsbereich BBodSchV!		
Die folgenden PN-Vorschriften sind für die in dieser Methodensammlung erfolgten Untersuchungsziele in der Regel <u>nicht</u> einschlägig, da sie für andere Fragestellungen erarbeitet wurden und zur Schadstoffcharakterisierung <u>nicht</u> geeignet sind.						
13	Gesteinskörnungen für Gleisschotter	E-DIN EN 13450 (07/2015)	PN von Gleisschotter (ruhender Stoffstrom); Korngruppen Gleisschotter; Korngrößenverteilung; Gehalt Feinkorn und Feinanteil; Wasseraufnahme (Frost-Tauwechsel)	Materialspezifische Norm; nur auf Gleisschotter anwendbar zur Herstellung des Oberbaus von Bahnkörpern		
14	PN von Sekundärbrennstoffen	DIN EN 15442 (05/2011)	PN von ruhenden und bewegten Stoffströmen; Probenahmetechniken und –geräte	Ersetzt DIN CEN/TS 15442 (01/2007)		

II.1.3 Probenahmeplanung, Probenahme Grundwasser, Sickerwasser

Tab.II.1.3 Probenahmeplanung, Probenahme Grundwasser, Sickerwasser

Lfd. Nr.	Anwendungsbereich	Verfahren	Kurzbeschreibung	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
1	Probenahmeplanung	DIN EN ISO 5667-1 (04/2007)		obligatorischer Parameter gemäß FM-BA		FM-BA
2	Grundwasser-PN	ISO 5667-11 (2009)		obligatorischer Parameter gemäß FM-BA	Suboptimale Norm	FM-BA
3	Grundwasser-PN	DIN 38402-13 (12/1983)		geplant: DIN ISO 5667-11 (04/2009)	Suboptimale Norm	FM-BA
4	Grundwasser-PN	AQS-Merkblatt P8/2 (01/1996)		Wesentliche Hinweise		FM-BA
5	Grundwasser-PN	DVGW W 112 (2011)		obligatorischer Parameter gemäß FM-BA		FM-BA
6	Sickerwasser-PN	DWA-M 905 (2012)	Probenahme mittels Saugkerzen	optionaler Parameter gemäß FM-BA		FM-BA
7	Oberflächenwasser-PN (stehende Gewässer)	DIN 38402-12 (06/1985)		obligatorischer Parameter gemäß FM-BA		FM-BA
8	Oberflächenwasser-PN (Fließgewässer)	DIN 38402-15 (04/2010)		obligatorischer Parameter gemäß FM-BA		FM-BA
9	Sickerwasser-PN	DVWK-Merkblatt 217 (1990)	Probenahme mittels Saugkerzen	optionaler Parameter gemäß FM-BA		FM-BA

II.1.4 Probenahmeplanung, Probenahme Bodenluft

Tab.II.1.4 Probenahmeplanung, Probenahme Bodenluft

Lfd. Nr.	Anwendungsbereich	Verfahren	Kurzbeschreibung	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
1	VDI 3865-1 (01/1998) (06/2005)	PN Bodenluft		Veralteter Stand Neu: (06/2005)		BBodSchV HBU
2	VDI 3865-1 (06/2005)	PN Bodenluft	Hinweise zur Messplanung und -strategie für den Einsatz von Bo- denluftuntersuchungen		FBU	FM-BA HBU
3	VDI 3865-2 (10/1992) (01/1998) (06/2000)	Messplanung für Bodenluftuntersuchungs- verfahren	Beschreibung verschiedener Ver- fahren zur Gewinnung von Boden- luftproben	Veralteter Stand Neu: (06/2000)		BBodSchV HBU FM-BA

II.2 Schnellanalysenmethoden und Vor-Ort-Verfahren

Vor-Ort-Messungen stellen ein Hilfsmittel im Rahmen der Untersuchungsstrategie dar. Ihr Einsatz kann die Effizienz von Probenahmen verbessern und den Aufwand von komplexen Analysen durch eine gezielte Probenauswahl und eine größere Untersuchungsdichte reduzieren, so dass im Gegensatz zur „klassischen Vorgehensweise“ z.B. Konzentrationsschwerpunkte (Hot-Spots) oder Grenzen leichter erkannt werden können.

Absolute Vergleichbarkeit von Messergebnissen aus der Vor-Ort-Analytik mit denen der konventionellen Laborverfahren zu erzielen, entspricht nicht dem Charakter des Leistungsspektrums der meisten Vor-Ort-Messverfahren.

Die ausschließliche Beurteilung eines Sachverhalts anhand von Vor-Ort-Untersuchungsergebnissen birgt das Risiko, dass Schadstoffpotenziale - bedingt durch die „einfachere Messtechnik“ und das komplexe, nicht homogenisierte Probenmaterial deutlich über- oder unterschätzt werden, woraus falsche Rückschlüsse für das Schadstoffinventar gezogen werden könnten.

Justitiable Untersuchungsergebnisse sind nur mit konventionellen Laboranalysen zu erhalten.

Anwendungsbeispiel:

Detektion von Brom und Antimon in Kunststoffen, Klärschlämmen und anderen Materialien. Gleichzeitig auftretende erhöhte Gehalte von Sb und Br in einem bestimmten Verhältnis sind ein deutlicher Hinweis auf eine Belastung mit PBDE. PBDE Gehalte auffälliger Proben können anschließend mit dem Referenzverfahren (DIN EN ISO 22032) bestimmt werden.

Grundsätzliches zur Elementbestimmung mittels mobiler RFA

Elementuntersuchung mittels mobiler RFA	
Prinzip	Anregung charakteristischer Röntgenfluoreszenzstrahlung von Atomen durch Anregung mit energiereicher Strahlung (Elektronen-, Teilchen-, Röntgen-, Gammastrahlung) unter Aussendung elementspezifischer K_{α} -Strahlung); Elementspezifische Abhängigkeit der Wellenlängen der emittierten K_{α} -Strahlung (Gesetz von Moseley).
Techniken	Spezielle Anwendungsform für Handgeräte ist die energiedispersive Röntgenfluoreszenz (EDRFA), bei der die emittierte Fluoreszenzstrahlung mittels Detektor und Vielkanalanalysatorkopplung nach ihrer Energie zerlegt wird. Die Peaklage dient der Elementidentifizierung, die Peakhöhe der Quantifizierung. – Unterscheidung von Feldmessgeräten nach Art der Anregung zwischen Radionuklidquellengeräten und Röntgenröhrengeräten. – Beide Systeme sind handgehalten verfügbar. Radionuklidquellengeräte brauchen nur eine Energieversorgung für die Mess-, Steuer- und Auswertelektronik. Als Radionuklidquellen werden Fe-55, Cd-109, Am-241 und Cm-244 benutzt. Die Quellenaktivität bestimmt die erreichbare Nachweisgrenze.
Bedienung und Auswertung	Für eine sachgerechte Bedienung und Interpretation ist eine ausgewiesene Fachkompetenz erforderlich.
Leistungsvermögen	Mit handgehaltenen Röhrengeräten werden Nachweisgrenzen für die in den Verordnungen aufgelisteten Elemente von $< 100 \text{ mg/kg}$, für einige (u. a. Pb, Cd, Hg) von ca. 10 mg/kg erreicht. – Die Elemente (ohne Evakuierung der Probe) sind von Schwefel (OZ 16) bis Uran (OZ 92) bestimmbar. Das Verfahren ist kalibrierbedürftig. Kalibrierstandard und Probe sollten sich in den Matrixkomponenten entsprechen. In bestimmtem Umfang lassen sich Matrixunterschiede korrigieren (Fundamental Parameter Method). Bei nicht aufbereiteten Proben (Heterogener Matrix und inhomogener Stoffverteilung) können erhebliche Bestimmungsfehler auftreten. Störungen treten bei Spektrallinieninterferenzen auf, wenn im Energiebereich der K_{α}-Linie des zu bestimmenden Elements die K_{β} oder L_{α}-Linie eines anderen Elementes liegt (Beispiel As-Pb). Geräte mit Radionuklidquellenanregung haben wegen der Halbwertszeiten der Nuklide einen zeitlichen Empfindlichkeitsabfall.
Probenvorbereitung	Die Messungen erfolgen punktförmig infolge der Strahlengeometrie der Röntgenstrahlenquelle mit eingeschränkter Eindringtiefe (Strahlenabsorption). Eine verbesserte Präzision wird durch Trocknung und Mahlen des Probenmaterials erreicht.
Umgangsgenehmigung	Der Betrieb der Geräte ist nach Röntgenverordnung (RöV) genehmigungspflichtig. Der Betreiber muss einen entsprechenden Fachkundenachweis (Strahlenschutzbeauftragter) besitzen. Der Einsatz an anderen Standorten als an dem Genehmigungsort bedarf der Zustimmung der jeweiligen zuständigen Behörde. Eine Zulassung im gesamten Geltungsbereich der RöV ist möglich. Der Einsatz muss dann nur der am Einsatzort zuständigen Behörde angezeigt werden.

Tab.II.2 Schnellanalysenmethoden und Vor-Ort-Verfahren

Lfd. Nr.	Parameter	Materialtyp	Verfahren	Probenaufarbeitung	Kurzbeschreibung	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
1	Schwermetalle, Halogen (Cl)	Abfall, Altlastenmaterial	DIN EN 16424 (03/2015)	Verdichtung nach Zerkleinerung mittels Handmörser	Handgehaltene EDRFA zur Elementbestimmung; Screening Verfahren; Leistungsstarkes, validiertes Vor-Ort-Analysenverfahren	Methode dient nicht nur zur PN-Steuerung; zur Vor-Ort Elementbestimmung geeignet, da vergleichbare Ergebnisse zur Konventionsmethode erhalten werden	Forum-AU	MÜ HBU
2	Schwermetalle, Halogen (Cl)	Abfall, Altlastenmaterial	DIN CEN/TR 16176 DIN SPEC 19776 (03/2012)	Verdichtung nach Zerkleinerung mittels Handmörser	Screening Verfahren zur Elementbestimmung			HBU
3	Te	Abfall	RFA-VOA			Geeignet zur Te-Best. bei Photovoltaikabfällen		
4	Vor-Ort-Elution	Abfall, Altlastenmaterial	EN -DIN 19902 (09/2017) (03/2018) Schnellelutionsmethode	Zerkleinerung <10mm; (Heißeelution)	Schnell-(Vor-Ort)elutionsverfahren zur Identifikationsanalyse (s/l=1:10) mit ggf. Vor-Ort-Elementbestimmung; Schnellelution mit s/l=1:2 möglich (Sickerwasserprognose)	Zur Untersuchung der mobilisierbaren anorganischen Stoffanteile entwickelt. Liefert vergleichbare Gehalte zur DIN EN 12457-4 in ca. 30min. „Experimentelle Umschlüsselung“ von WF10 nach WF2 möglich. Sickerwasserprognose in t=30 min.		

II.3 Probenvorbereitung

II.3.1 Probenkonservierung, -transport, -lagerung

Tab.II.3.1 Probenkonservierung, -transport, -lagerung

Lfd. Nr.	Anwendungsbereich	Verfahren	Kurzbeschreibung	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
1	Wasser (Probenkonservierung)	DIN EN ISO 5667-3 (04/1996) (05/2004)		Veraltete Norm		BBodSchV HBU
2	Wasser (Probenkonservierung)	DIN EN ISO 5667-3 (05/2004) (03/2013)		Berichtigte Norm in der Fassung 03/2013 Gilt für GW und SW	FBU	HBU FM-BA
3	Feststoff (Probenlagerung)	DIN ISO 18512 (03/2009)	Lagerung von Bodenproben			FM-BA HBU
4	Probenstabilisierung von leichtflüchtigen Komponenten in Feststoffen (LHKW, BTXE, MTBE) durch Überschichtung	DIN EN ISO 22155 (05/2012)				HBU

II.3.2 **Probenvorbereitende Techniken**

II.3.2.1 *Probenvorbereitende Techniken (Trocknungsverfahren)*

Tab.II.3.2.1 Probenvorbereitende Techniken (Trocknungsverfahren)

Lfd. Nr.	Anwendungsbereich	Verfahren	Kurzbeschreibung	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
1	Boden, Schlamm, Sedimente	DIN EN ISO 16720 (06/2007)	Gefriertrocknung Vorfrieren: -35°C; Schichtdicke: ≤ 2cm Vakuum: 37-63 Pa	Führt ggf. bei leichter flüchtigen org. Komponenten zu Memory-Effekten in den Geräten	FBU, Forum-AU	HBU

II.3.2.2 *Bestimmung allgemeiner Parameter (Trockenmasse etc.)*

Tab.II.3.2.2 Bestimmung allgemeiner Parameter (Trockenmasse etc.)

Lfd. Nr.	Anwendungsbereich	Parameter	Verfahren	Kurzbeschreibung	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
1	Abfälle Wassergehalt >1%	Trockenrückstand; Wassergehalt	DIN EN 14346 (03/2007)	Gravimetrie Verfahren A: Best. bei 105 ± 3°C	a) feste Abfälle b) flüssige Abfälle (azeotrope Gemische)	sollte ersetzt werden durch: DIN EN 15934 (11/2012)	HBU FM-BA
2	Boden	Trockenrückstand	DIN ISO 11465 (12/96)	Trocknen bei 105°C		sollte ersetzt werden durch: DIN EN 15934 (11/2012)	BBodSchV HBU FM-BA
3	Boden	Trockenrückstand	DIN ISO 11465 (12/1996)	Trocknen bei 105°C	Schlämme, fl., pastös	sollte ersetzt werden durch: DIN EN 14346 (03/2007)	DepV HBU
4	Schlämme, fl., pastös	Trockenrückstand	DIN EN 12880 (02/2001)	Trocknen bei 105°C		sollte ersetzt werden durch: DIN EN 14346 (03/2007)	HBU AbfKlärV FMA
5	Schlämme, Sedimente	Trockenrückstand	DIN 38414-2 (11/85)	Trocknen bei 105 ± 2°C	wurde ersetzt durch DIN EN 12880 (02/2001)	sollte ersetzt werden durch: DIN EN 15934 (11/2012)	BBodSchV HBU
6	Schlamm, Bioabfall, Boden, Abfall	Trockenmasse	DIN EN 15934 (11/2012)	Methode A: 105°C-Trocknung Methode B: Karl-Fischer Titration (volumetrisch /coulometrisch); Azeotrope Destillation	Ausschließlich Verfahren A verwenden! Das Verfahren soll künftig die: DIN EN 14346, DIN EN 12880 u. DIN ISO 11465 ersetzen	FBU	HBU AbfKlärV

Tab.II.3.2.2 Bestimmung allgemeiner Parameter (Trockenmasse etc.)

Lfd. Nr.	Anwendungsbereich	Parameter	Verfahren	Kurzbeschreibung	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
7		Best. des Gesamt- gehaltes gelöster Feststoffe in Wasser u. Eluat	DIN EN 15216 ² (01/2008)	a) Eluieren nach DIN EN 12457er Reihe b) Filtrieren u. Trocknen durch Eindampfen	Anteil gelöster Feststoffe > 200 mg/l Norm dient n i c h t der Trockenmassebestimmung fester Abfälle	sollte ersetzt werden durch: DIN EN 15934 (11/2012)	DepV FMA
8	Erd- u. Grundbau	Wassergehalt	DIN 18121-1 (04/1998)	Trocknen bei 105°C	Ersetzt durch DIN EN ISO 17892-1 (03/2005)	sollte ersetzt werden durch: DIN EN 15934 (11/2012)	
9		Feuchtigkeitsgehalt	DIN 52183 (11/1977)	Trocknen bei 103°C	Feste Brennstoffe; Feuch- tegehaltbestimmung von Hölzern; Empfehlung des Regelsetzers: Verwendung von DIN EN 1383-1 (07/2002)	sollte ersetzt werden durch: DIN EN 15934 (11/2012)	AltholzV FMA
10	Boden, Kultursubstrate	Trockenrückstand	DIN EN 13040 (02/2000)	Trocknen bei 103 ± 2°C (Kap. 10 der Norm	Für Abfälle mit bodenartiger Matrix geeignet; Zur MPV von Abfällen außerhalb der BioAbfV ist DIN 19747 zu favorisieren; Aktuellere Norm (02/2008) berücksich- tigen	sollte ersetzt werden durch: DIN EN 14346 (03/2007)	BioAbfV HBU FMA

² Norm wurde irrtümlich unter 3.1.1 Probenvorbereitung durch Verweis auf 3.2.22 in der Änderungsverordnung zur DepV vom 06.12.2011 zitiert!

II.3.3 Mechanische Probenvorbereitung

Von grundlegender Bedeutung für jede Feststoffuntersuchung ist neben der Probenahme die Qualität der Aufarbeitung des Probenmaterials. Dabei erfordern unterschiedliche Materialeigenschaften und Beschaffenheiten spezifische, dem Untersuchungsziel angepasste, Probenvorbehandlungs- und -vorbereitungsschritte. Eine fehlerhafte Ausführung dieser Arbeitsschritte kann chemische, physikalische oder biologische Prüfverfahren in ihrer Aussagekraft entscheidend einschränken und zu Fehlbeurteilungen führen. Die für Feststoffmatrices bis dato existierenden Normen und Vorschriften weichen teilweise deutlich voneinander ab und weisen selbst für die Bestimmung identischer Stoffgruppen unterschiedliche Bearbeitungsschritte aus.

Mit der hier als Referenzverfahren vorgeschlagenen DIN 19747 wird versucht, durch vereinfachte und vereinheitlichte Vorgehensweisen zu vergleichbaren und reproduzierbaren Ergebnissen zu gelangen, die den unterschiedlichen Materialien und Prüfzielen gerecht werden. Eine Vorbedingung hierbei ist, durch Wahl geeigneter Vorbereitungsschritte zu einer optimalen Merkmalerfassung zu gelangen.

Da jeder Arbeitsschritt naturgemäß mit zufälligen und/oder systematischen Fehlern behaftet ist, muss sichergestellt werden, dass die anzuwendenden Arbeitsschritte und Techniken die zu bestimmenden Merkmale nicht verfälschen, so dass die zu charakterisierende Grundgesamtheit, repräsentiert durch Feld- bzw. Technikumsproben, hinreichend genau abgebildet wird. Die mit der Materialcharakterisierung verbundenen Ansprüche an die Merkmalsbeschreibung erfordern parameter- und materialspezifische Arbeitsschritte, die auf die verschiedenen Untersuchungsverfahren und Prüfziele abgestimmt sind. Daher ist bei Feststoffuntersuchungen generell eine umfassende und zielorientierte Planung notwendig, die alle Wechselwirkungen der verschiedenen Verfahrensschritte berücksichtigt.

Die Anwendung der DIN 19747 schließt unmittelbar an die Probenahme gemäß LAGA PN 98 an. Unter der Bezeichnung „Probenvorbehandlung“ werden dabei die Arbeitsschritte Vor-Ort, also das Erstellen einer zum Transport präparierten Laborprobe aus der Feldprobe oder des z. B. im Technikumsmaßstab aufbereiteten Materials zusammengefasst.

Darauf folgen die notwendigen Arbeitsschritte der „Probenvorbereitung“ am Laborprobenmaterial. Hierzu zählen u. a. Zerkleinerungen und Klassierungen auf Basis zu berücksichtigender Regelwerke.

Im Rahmen der Probenvorbereitung wird i.d.R. nur eine Teilprobe aufgearbeitet. Teilweise werden organische Bestandteile wie z.B. Wurzeln, Kunststoffteile etc. oder Metallpartikel wie z.B. Bleischrot, Kupferstücke o.ä entfernt. Es werden Untersuchungen nur an Teilproben und Teilfraktionen (z.B. <2mm, <63µm) durchgeführt. Für die Bewertung kann dies von aus-

schlaggebender Bedeutung sein. Deshalb ist die Dokumentation und Weitergabe dieser Informationen in Form des Probenbegleitprotokolls (DIN 19747) unerlässlich.

Letztlich sind im Rahmen der „Probenaufarbeitung“ die Arbeitsschritte im Labor durchzuführen, die erforderlich sind, um die Analysenproben für die verschiedenen Untersuchungsaufgaben herzustellen. In den folgenden Tabellen sind die Teilschritte der Probenvorbereitung, wie Probenteilung/-zerkleinerung (mechanische Probenvorbereitung), Aufschluss und Elution dargestellt.

II.3.3.1 Siebschnitte/Endfeinheiten, Vor-/ Kontrollsiebung

Ein Schritt im Rahmen der Probenvorbehandlung, -vorbereitung und -aufarbeitung ist die Siebung. Hierbei werden je nach Verordnung sowohl für die Vorsiebung, als auch für die Kontrollsiebung sehr unterschiedliche Korngrößen gefordert. Darauf ist sowohl bei der Probearbeitung als auch bei der späteren Bewertung sorgfältig zu achten.

Eine Nichtbeachtung durch z.B. zu langes Mahlen führt ggf. zu erheblichen Abweichungen in den Messergebnissen.

Tab.II.3.3 Mechanische Probenvorbereitung

Lfd. Nr.	Anwendungsbereich	Verfahren	Kurzbeschreibung	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
1	Feststoffe jeglicher Art; geeignet für chem., physikalische und biol. Untersuchungen	DIN 19747 (07/2009)	Vorbehandlung, Vorbereitung, Aufarbeitung	Schließt lückenlos an LAGA PN 98 an; komplettiert Vorgehensweisen zwischen PN und Analytik; Beinhaltet alle im Untergesetzlichen Regelwerk und Regelungen geforderten Schritte der PV	FBU, Forum-AU	DepV FMA FM-BA HBU AbfKlärV
2	Vorbehandlung von Bodenproben die mit phys.-chem. Verfahren untersucht werden sollen	DIN ISO 11464 (12/1996)	Hinweise zu: Trocknen, Zerkleinern, Sieben, Mahlen, Teilen	Anwendung bei anderen Matrices eingeschränkt; Inhaltlich widersprüchlich und bei Anwendung sind systematische Fehler möglich; nicht vollzugspraxistauglich; Norm wurde ersetzt durch DIN 19747	sollte ersetzt werden durch: DIN 19747 (07/2009)	BBodSchV HBU
3	Vorbehandlung von Bodenproben die mit phys.-chem. Verfahren untersucht werden sollen	DIN ISO 11464 (12/2006)	Hinweise zu: Trocknen, Zerkleinern, Sieben, Mahlen, Teilen	Anwendung bei anderen Matrices eingeschränkt; Inhaltlich widersprüchlich und bei Anwendung sind systematische Fehler möglich; nicht vollzugspraxistauglich; Norm wurde ersetzt durch DIN 19747	wurde ersetzt durch: DIN 19747 (07/2009)	HBU
4	Vorbehandlung von Bodenproben im Labor vor der Bestimmung org. Verunreinigungen	DIN ISO 14507 (02/1996)	Eigenschaften und Informationen zu flüchtigen und mäßig flüchtigen org. Verbindungen	Nicht anwendbar zur Bestimmung flüchtiger org. Inhaltsstoffe; Defizitäre Ansätze zur Untersuchung von Feststoffen auf org. Verunreinigungen; Norm wurde ersetzt durch DIN 19747	sollte ersetzt werden durch: DIN 19747 (07/2009)	BBodSchV HBU
5	Vorbehandlung von Bodenproben im Labor vor der Bestimmung org. Verunreinigungen	DIN ISO 14507 (07/2004)	Eigenschaften und Informationen zu flüchtigen und mäßig flüchtigen org. Verbindungen	Nicht anwendbar für die Bestimmung flüchtiger org. Inhaltsstoffe Defizitäre Ansätze zur Untersuchung von Feststoffen auf org. Verunreinigungen, Norm wurde ersetzt durch DIN 19747	wurde ersetzt durch: DIN 19747 (07/2009)	HBU

Tab.II.3.3 Mechanische Probenvorbereitung

Lfd. Nr.	Anwendungsbereich	Verfahren	Kurzbeschreibung	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
6	Bodenkundliche Kartieranleitung 4.Auflage (KA4),1996	Probenbeschreibung	Bestimmung der Bodenart; Korngrößenverteilung	Ansprache im Gelände durch Fingerprobe – Hinweis: Veralteter Stand; Besser: Verwendung der 5. Auflage KA5		BBodSchV
7	Bodenkundliche Kartieranleitung 5.Auflage (KA5)	Probenahme bei der Untersuchung von natürlichen, naturnahen und Kulturstandorten; Probenbeschreibung	Bestimmung der Bodenart; Korngrößenverteilung	Ansprache im Gelände durch Fingerprobe <u>Hinweis*</u> : Auf kontaminierten Flächen mit Rücksicht auf die Arbeitssicherheit nicht immer einsetzbar Je nach Fragestellung ist „KA5-kurz“ ausreichend	FBU	FM-BA
8	Arbeitshilfe für die Bodenansprache im vor- und nachsorgenden Bodenschutz, Auszug aus der KA5, 2009 („KA5-kurz“)					
9	DIN 19682-2 (04/1997) (11/2007) (07/2014)	Boden	Bestimmung der Bodenart; Korngrößenverteilung		FBU	HBU BBodSchV
10	DIN 19682-2 (11/2007)	Boden	Bestimmung der Bodenart; Korngrößenverteilung		FBU	HBU FM-BA FMA AbfKlärV
11	E-DIN ISO 11277 (06/1994) (08/2002)	Boden	Best. Korngrößenverteilung	Veralteter Stand	FBU	BBodSchV
12	DIN ISO 11277 (08/2002)	Boden	Best. Korngrößenverteilung/ Bodenart		FBU	

Tab.II.3.3 Mechanische Probenvorbereitung

Lfd. Nr.	Anwendungsbereich	Verfahren	Kurzbeschreibung	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
13	DIN 19683-2 (04/1973)	Boden	Best. der Bodenart, Felduntersuchung; KGV-Bestimmung nach Dispersion mit Na ₄ P ₂ O ₇ -Lsg.	Zurückgezogene Norm	sollte ersetzt werden durch: DIN ISO 11277 (08/2002)	BBodSchV HBU
14	DIN 18123 (11/1996) (03/2010) (04/2011)	Boden	Best. Korngrößenverteilung	Veraltete bzw. zurückgezogene Norm wurde ersetzt durch DIN EN ISO 17892-4 (04/2017)		BBodSchV HBU
15	Stoffliche und energetische Verwertung von Altholz	AltholzV, Anhang IV, 1.2 und 1.3	Hinweise zum Homogenisieren, Reduzieren, Zerkleinern und Trocknen	Keine inhaltsstoffspezifische PV Systematische Fehler bei der PV leichter flüchtiger Verbindungen	sollte ersetzt werden durch: DIN 19747 (07/2009)	
16	Abfall am Entstehungsort; Abfall am Ort der Verwertung	VersatzV, Anlage 3 , 1.2	Hinweise zum Homogenisieren, Teilen, Zerkleinern, Trocknen	Zu stark differenzierte, unübliche PV-Schritte	sollte ersetzt werden durch: DIN 19747 (07/2009)	
17	Untersuchung fester Abfälle	Teil III LAGA M20	Allgemeine Hinweise auf existierende Normen	Begrenzung durch Leistungsfähigkeit der zitierten Normen	sollte ersetzt werden durch: DIN 19747 (07/2009)	
18	Unbehandelte und behandelte Abfälle	BioAbfV, Anhang 3, 1.2	Hinweise zum Homogenisieren, Teilen, Zerkleinern, Sieben und Trocknen		sollte ersetzt werden durch: DIN 19747 (07/2009)	
19		1.2 Probearbeitung; 1.3.3 Bestimmung des Fremdanteils	Teilung, Zerkleinerung, Siebung (10mm;2mm;0,5mm)		sollte ersetzt werden durch: DIN 19747 (07/2009)	BioAbfV

Tab.II.3.3 Mechanische Probenvorbereitung

Lfd. Nr.	Anwendungsbereich	Verfahren	Kurzbeschreibung	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
20	Feste u. fl. Abfälle	DIN EN 15002 (07/2015)	Homogenisierung, Teilung, Phasentrennung	Greift auf Techniken der defizitären DIN ISO 11464 und DIN ISO 14507 zurück Leistungsschwache Methode; nicht vollzugspraxistauglich (s.Nation. Vorwort);	sollte ersetzt werden durch: DIN 19747 (07/2009)	HBU
21	Bodenmaterial	E-DIN ISO 18400-201 (01/2015)	Probenvorbehandlungstechniken im Gelände	Greift auf Techniken der defizitären DIN ISO 11464 und DIN ISO 14507 zurück nicht vollzugspraxistauglich; defizitäre Methode	sollte ersetzt werden durch: DIN 19747 (07/2009)	
22	Bodenmaterial	ISO 23909 (04/2008)	Laborprobenbildung aus großen Mengen Feldprobenmaterial (>25kg)	Greift auf Techniken der defizitären DIN ISO 11464 und DIN ISO 14507 zurück Defizitäre Methode; fachl. Ersatz durch DIN 19747	sollte ersetzt werden durch: DIN 19747 (07/2009)	
23	Prüfverfahren für allgemeinen Gesteinskörnungen	DIN EN 932-2 (03/1999)	Teilungstechniken	ausschließlich auf die Prüfung allgemeiner Eigenschaften von Gesteinskörnungen anwendbar Nur für Produkte; nicht auf Untersuchung chem. Parameter ausgelegt	sollte ersetzt werden durch: DIN 19747 (07/2009)	HBU
24	Boden	ISO 23909 (04/2008)	Gewinnung von Laborproben aus sehr großen Feldprobenmaterialmengen	Keine konkreten Handlungsempfehlungen Teilen gemäß DIN 19747		
25	Boden, Bioabfall (vorbehandelt)	DIN CEN/TS 16202 (12/2013)	Bestimmung der Fremd-/Kunststoffe nach Trockensiebung (>5mm u. >2 mm) und Waschung mittels Wasser oder Bleichmittel (NaCl/NaOH)	Vorbereitetes Material für chem. Analysen ungeeignet; Methode dient der Bestimmung von Fremdanteilen Ergebnisse der Validierung unzureichend		HBU

Tab.II.3.3 Mechanische Probenvorbereitung

Lfd. Nr.	Anwendungsbereich	Verfahren	Kurzbeschreibung	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
26	Schlämme, behandelter Bioabfall, Boden	DIN EN 16179 (11/2012)	Feld-/Labor- und Prüfprobenpräparation: Homogenisieren, Teilen, Zerkleinern; Trocknungsverfahren;	Defizitäre Angaben von erforderlichen Endfeinheiten für Prüf-Analysen- und Messprobenmaterial (z.B. für org. Extrakte, Auszüge); Defizitäre Terminologie Fachl. Ersatz durch DIN 19747	sollte ersetzt werden durch: DIN 19747 (07/2009)	HBU
27	Feste Brennstoffe	DIN 51701-3 (09/2006)	Zerkleinern, Mischen, Teilen von festen Brennstoffen, insbesondere von Braun- und Steinkohle, sowie von Briketts u. Koks	Ungeeignete Techniken zur Untersuchung umweltrelevanter Parameter; Ersetzt Fassung 08/1985	sollte ersetzt werden durch: DIN 19747 (07/2009)	AltholzV FMA

II.3.4 Chemische Probenvorbereitung

II.3.4.1 Extraktions- und Aufschlussverfahren

Da bei Untersuchungen auf umweltrelevante Elemente in der Regel nicht der Gesamtgehalt von Interesse ist, sondern ihre maximal mögliche Freisetzung, ist für die Ermittlung von Elementgehalten in Abfällen in vielen Fällen die Bestimmung der mit Königswasser löslichen bzw. extrahierbaren Elementgehalte nach dem Referenzverfahren DIN EN 13657 ausreichend. Die Matrix wird dabei nicht vollständig gelöst. Die Validierungsringversuche zur DIN EN 13657 zeigen, dass die mit Königswasser extrahierbaren Elementgehalte – je nach Bindungsform der Elemente in der Matrix – etwa 50% bis 100% der Totalgehalte betragen. Niedrige Extraktionsausbeuten bei der Verwendung von Königswasser sind u. a. für die Elemente Al, Ba, Cr, Si, Ti dokumentiert.

Nur bei silikatischen Materialien, hochgeglühten Oxiden etc. kann zur Bestimmung von Totalgehalten der Elemente ein Totalaufschluss gem. DIN EN 13656 notwendig sein. Dazu wird ein Säuregemisch aus HF/HNO₃/HCl eingesetzt und ein Druckaufschluss in der Mikrowelle durchgeführt. Die Matrix wird dabei in der Regel vollständig in Lösung gebracht und bei der nachfolgenden Bestimmung erfasst. Allerdings erfordert die Verwendung von Flusssäure besondere Arbeitsschutzmaßnahmen.

Bei einigen im Rahmen der analytischen Qualitätssicherung eingesetzten Standardreferenzmaterialien sind sowohl Totalgehalte als auch mit Königswasser extrahierbare Elementgehalte zertifiziert.

Tab.II.3.4.1 Extraktions- und Aufschlussverfahren

Lfd. Nr.	Materialtyp	Parameter	Verfahren	Probenaufarbeitung	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
1	Boden	Flusssäure-Perchlorsäure-Aufschluss	DIN ISO 14869-1 (01/2003)	Feinmahlung	Totalaufschluss für den Bodenbereich; Perchlorsäure-Aufschluss aus Arbeitsschutzgründen problematisch	sollte ersetzt werden durch: DIN EN 13656 (01/2003)	HBU
2	Boden	Alkalischer Schmelzaufschluss	DIN ISO 14869-2 (01/2003)	Feinmahlung (<80µm)	Probenaufarbeitung gemäß DIN 19747 (<80µm) Metaborat-Schmelzaufschluss im Pt-Tiegel bei T= 450°C für RFA-Analysen		HBU
3	Abfall, Boden	Mikrowellenaufschluss Flusssäure-Salpetersäure-Salzsäure	DIN EN 13656 (01/2003)	Mahlen < 250 µm	Totalaufschlussverfahren	Forum-AU	
4	Bodenverbesserer, Kultursubstrate	Königswasseraufschluss	DIN EN 13650 (01/2002)	< 500 µm		sollte ersetzt werden durch: DIN EN 13657 (01/2003)	BioAbfV FMA

Tab.II.3.4.1 Extraktions- und Aufschlussverfahren

Lfd. Nr.	Materialtyp	Parameter	Verfahren	Probenaufarbeitung	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
5	Abfall, Boden	Königswasseraufschluss	DIN EN 13657 (01/2003)	Mahlen < 250 µm	a) Mikrowelle-Druckaufschluss b) Mikrowelle offenes Gefäß c) Thermisch offenes Gefäß Hinweis: Verfahren A liefert insbesondere bei schwer aufschließbaren Verbindungen der Elemente differierende Ergebnisse (Aufschlußrate) zu Verfahren B u. C - nur geschlossene Verfahren für Bodenuntersuchungen zulässig – (Offene/Halboffene Verfahren liefern Minderbefunde flüchtiger Analyten)	FBU	DepV FMA FM-BA HBU
6	Abfall, Boden	Königswasseraufschluss	E DIN EN 13657 (10/1999)	Mahlen < 250 µm	Wurde ersetzt durch DIN EN 13657 (01/2003)	sollte ersetzt werden durch: DIN EN 13657 (01/2003)	AltholzV FMA HBU
7	Schlamm, Boden, Bioabfall	Königswasseraufschluss	DIN EN 13346 (04/2001)	Mörsern	Verfahren A für KS	sollte ersetzt werden durch: DIN EN 13657 (01/2003)	AbfklärV FMA
8	Schlämme, Sedimente	Königswasseraufschluss	DIN 38414-7 (11/1983)	Mahlen < 100 µm	Wurde ersetzt durch DIN EN 13346 (04/2001)	sollte ersetzt werden durch: DIN EN 13657 (01/2003)	HBU

Tab.II.3.4.1 Extraktions- und Aufschlussverfahren

Lfd. Nr.	Materialtyp	Parameter	Verfahren	Probenaufarbeitung	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
9	Königswasseraufschluss	Boden	DIN ISO 11466 (06/1997)	Mahlen < 150 µm	Norm zurückgezogen (12/2014) Berücksichtigung des TOC- Gehaltes für die Säuremen- ge	sollte ersetzt werden durch: DIN EN 13657 (01/2003)	LAGA M20 BBodSchV HBU FM-BA
10	Königswasseraufschluss	Bioabfall, Boden, Klärschlamm	DIN EN 16174 (11/2012)		Als Ersatz für 11466 emp- fohlen; Matrixübergreifend gültige Norm. Aufschluss- Norm ohne konkrete Vor- gaben zur Probenaufarbei- tung (Materialaufarbeitung < 250µm gemäß DIN 19747); verweist auf defizi- täre DIN EN 16179	sollte ersetzt werden durch: DIN EN 13657 (01/2003)	HBU AbfKlärV FMA
11	Salpetersäureaufschluss	Bioabfall, Boden, Klär- schlamm	DIN EN 16173 (11/2012)		Salpetersäure Mikrowellen- aufschluss (T=175±5°C)		HBU
12	Schlämme	Königswasseraufschluss	DIN EN 13346 (04/2001)	Mahlen	A) Offener Aufschluss B) Extraktion in Glasröhr- chen (nicht empfehlens- wert) C) Mikrowellendruckauf- schluss D) Mikrowellenaufschluss Offen Hinweis: Verfahren liefern insbesondere bei schwer aufschließbaren Verbindun- gen der Elemente differie- rende Ergebnisse (Auf- schlussrate)	sollte ersetzt werden durch: DIN EN 13657 (01/2003)	FMA

Tab.II.3.4.1 Extraktions- und Aufschlussverfahren

Lfd. Nr.	Materialtyp	Parameter	Verfahren	Probenaufarbeitung	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
13	Boden	Salpetersäure- Wasserstoff-peroxid- Aufschluss	DIN ISO 20279 (01/2006)		Aufschlussverfahren für TI- Best.; optionaler Parameter ge- mäß FM-BA		FM-BA HBU
14	Abfall, Boden	Alkalischer Aufschluß/ Extrakt für Cr(VI)	DIN EN 15192 (02/2007)	a) Mahlen < 250µm b) Extraktion mittels NaOH- u. Na ₂ CO ₃ -Lsg. in der Hitze. Nach Extraktion Reaktion mit Diphenyl-carbazid zwecks photometrischer Best. von Cr(VI)	Aufschlussverfahren zur Cr(VI)-Best.in Feststoffen	FBU, Forum-AU	MÜ

II.3.4.2 *Elutions- und Perkolationsverfahren*

In den letzten Jahren wurden verschiedene Methoden entwickelt mit denen der Einfluss des zu beurteilenden Feststoffes (Boden und Abfall) auf die Pflanzenverfügbarkeit oder das Grund- und Oberflächenwasser ermittelt werden soll. Die Verfahren sind allenfalls eine Annäherung an die Realität. Diese ist zu komplex, um mit einem Laborversuch vollständig abgebildet zu werden.

Ein Teil der Elutionsverfahren konnte keine belastbaren Ergebnisse liefern, ist aber noch in Verordnungen genannt.

Tab.II.3.4.2 Elutions- und Perkulationsverfahren

Lfd. Nr.	Anwendungsbereich	Verfahren	Kurzbeschreibung	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
1	Charakterisierung von Abfällen, Auslaugung, Untersuchung von körnigen Abfällen und Schlämmen;	DIN EN 12457-4 (01/2003)	24h Schüttelverfahren; Elutionsmittel dest. Wasser; s/l=1:10 Korngröße: < 10 mm, ohne oder mit Korngrößenreduzierung DepV: Material > 40mm brechen	Nur für die Untersuchung der mobilen anorganischen Stoffanteile validiert Norm ist in Verbindung mit Anhang E anzuwenden, um zu reproduzierbaren Ergebnissen zu gelangen;	FBU, Forum-AU	DepV FMA HBU FM-BA
2	Charakterisierung von Abfällen, Auslaugung, Untersuchung von körnigen Abfällen und Schlämmen	DIN EN 12457-2 (01/2003)	24h Schüttelverfahren; Elutionsmittel dest. Wasser; s/l=1:10 Korngröße: < 4 mm, ohne oder mit Korngrößenreduzierung	Nur zur Untersuchung der mobilen anorganischen Stoffanteile geeignet. Norm ist in Verbindung mit Anhang E der DIN EN 12457-4 anzuwenden, um zu reproduzierbaren Ergebnissen zu gelangen	sollte ersetzt werden durch: DIN EN 12457-4	
3	Schlamm, Sedimente	DIN 38414-4 (10/1984)	24h Schüttelverfahren; Elutionsmittel dest. Wasser; s/l=1:10	Nur für die Untersuchung der mobilen anorganischen Stoffanteile vorgesehen; Norm in 12/2015 ersatzlos zurückgezogen	sollte ersetzt werden durch: DIN EN 12457-4	BBodSchV HBU VersatzV, BioAbfV
4	Abfall, Boden-, Altlastenmaterial	LAGA EW 98 S (2002)	24h Schüttelverfahren; Elutionsmittel dest. Wasser; s/l= 1:10	Nur für die Untersuchung der mobilen anorganischen Stoffanteile validiert Zurückgezogene Richtlinie (09/2012)	sollte ersetzt werden durch: DIN EN 12457-4	LAGA M20
5	Bodenbeschaffenheit Ökotoxuntersuchung	DIN ISO/TS 21268-2 (02/2010)	Schüttelverfahren; s/l=1:10	Nicht validiert Zwischenzeitlich DIN SPEC 1129 (02/2010)		HBU
6	Abfall, monolithisches und grobstückiges Material	LAGA EW 98 T (2002)	24 h Rührversuch; Elutionsmittel dest. Wasser, s/l=1:10; Korngröße < 40mm	Nur für die Untersuchung der mobilen anorganischen Stoffanteile validiert; zwischenzeitlich zurückgezogene Methode	sollte ersetzt werden durch: DIN EN 1744-3 (04/2000)	DepV VersatzV

Tab.II.3.4.2 Elutions- und Perkulationsverfahren

Lfd. Nr.	Anwendungsbereich	Verfahren	Kurzbeschreibung	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
7	Abfall	CEN/TS 15864 (12/2015)	Auslaugverfahren zur Grundlegenden Charakterisierung; Dynamischer Elutionstest für monolithische Materialien			
8	Abfall	E-DIN EN 15863 (09/2013)	Dynamisches Auslaugverfahren für monolithische Materialien mit periodischer Erneuerung des Auslaugmittels			
9	Gesteinskörnungen	DIN EN 1744-3 (04/2000)	24 h Rührversuch; Elutionsmittel dest. Wasser, s/l=1:10; Korngröße < 32mm	Trogverfahren für granulare Feststoffe		HBU
10	Abfall, Boden-, Altlastenmaterial	LAGA EW 98p (2002)	pH-abhängiger Elutionsversuch, pH 4, pH 11; s/l=1:10; Bestimmung der Säureneutralisationskapazität (ANC)	Nur für die Untersuchung der mobilen anorganischen Stoffanteile geeignet. pHstat-Verfahren	Forum-AU	DepV FMA
11	Abfall	E-DIN EN 14429 (01/2006)	Untersuchung des Auslaugverhaltens – Einfluss des pH-Wertes unter vorheriger Säure/Base Zugabe	LAGA EW 98p präzisiert die E DIN EN 14429		
12	Abfall	E-DIN 14997 (09/2013)	pH-abhängiger Elutionstest	Keine Relevanz im Ländervollzug		
13	Abfall	DIN CEN/TS 15364 (07/2006)	Prüfung der Säure- und Base-Neutralisationskapazität			
14	Abfälle	E-DIN EN 14997 (09/2013)	pH-abhängiger Elutionsversuch, s/l=1:10; Bestimmung der Pufferkapazität (ANC)	Die LAGA EW98p präzisiert die E-DIN EN14997 für den Vollzug	sollte ersetzt werden durch: LAGA EW 98p	
15	Feststoff (Abfall, Boden-/ Altlastenmaterial)	DIN 19529 („neu“) (12/2015)	s/l=1:2; für anorg. und org. Komponenten	Methode stellt Zusammenführung der DIN 19527 (08/2012) und der DIN 19529 (01/2009) dar.	FBU	

Tab.II.3.4.2 Elutions- und Perkulationsverfahren

Lfd. Nr.	Anwendungsbereich	Verfahren	Kurzbeschreibung	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
16	Abfälle, Boden-, Altlastenmaterialien	DIN 19527 (08/2012)	Schütteltest s/l=1:2 Elutionsmittel: dest. Wasser Korngröße < 32 mm	Ersetzt durch DIN 19529 „neu“ (12/2015) Nur zur Untersuchung der mobilen org. Stoffanteile validiert (MKW C ₁₀ -C ₂₂ ; C ₁₀ -C ₄₀), PAK, PCB, Phenole ³		FM-BA HBU
17	Abfälle, Boden-, Altlastenmaterialien	DIN 19529 (01/2009)	Schütteltest s/l=1:2 Elutionsmittel: dest. Wasser Korngröße < 32 mm	Wurde in DIN 19529 „neu“ integriert u. dadurch ersetzt; Nur zur Untersuchung der mobilen anorganischen Stoffanteile validiert	sollte ersetzt werden durch: DIN 19529 „neu“ (12/2015)	FM-BA HBU
18	Charakterisierung von Abfällen, Auslaugung, Untersuchung von körnigen Abfällen und Schlämmen	DIN EN 12457-1 (01/2003)	24h Schüttelverfahren; Elutionsmittel dest. Wasser; s/l=1:2 Korngröße: < 4 mm, ohne oder mit Korngrößenreduzierung	Nur für die Untersuchung der mobilen anorganischen Stoffanteile geeignet.		
19	Abfälle, Boden-, Altlastenmaterialien	DIN 19528 (01/2009)	Säulentest Aufwärtsstromverfahren Elutionsmittel: dest. Wasser Korngröße < 32 mm;	Nur zur Untersuchung der PAK und mobilen anorganischen Stoffanteile validiert.	FBU	FM-BA FMA HBU
20	Körniger Abfall	CEN TS 14405 (09/2004)	Perkolationsprüfung (für anorg. Stoffe; Säulengröße abhängig von Korngröße)	Nicht validiertes Verfahren; Fortschreibung zur Norm in Vorbereitung	sollte ersetzt werden durch: DIN 19528	DepV FMA Ratsentscheidung 33/2003
21	Abfall	EN -DIN EN 14405 (10/2014) (05/2017)	Perkolationsprüfung (für anorg. Stoffe; Säulengröße abhängig von Korngröße)	Ersetzt CEN TS 14405 (09/2004)	sollte ersetzt werden durch: DIN 19528	
22	Bodenbeschaffenheit Ökotoxuntersuchung	DIN ISO/TS 21268-3 (02/2010)	Perkolationsverfahren im Aufwärtsstrom	Nicht validiert Zwischenzeitlich DIN SPEC 1130 (02/2010)		HBU

³ Unter Phenole sind die im Vortext zu Kap. II.6.1 „Organische Analytik, Feststoff“ gelisteten Einzelverbindungen zu verstehen.

Tab.II.3.4.2 Elutions- und Perkulationsverfahren

Lfd. Nr.	Anwendungsbereich	Verfahren	Kurzbeschreibung	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
23	Abfälle, Untersuchung von körnigen Abfällen und Schlämmen	DIN EN 12457-3 (01/2003)	24h Schüttelverfahren (zweistufig); Elutionsmittel dest. Wasser; Feststoff-/Flüssigkeitsverhältnis s/l=1:2; s/l=1:8 Korngröße: < 4mm, ohne oder mit Korngrößenreduzierung	Nur zur Untersuchung der mobilen anorganischen Stoffanteile geeignet. Norm sollte in Verbindung mit Anhang E der DIN EN 12457-4 angewendet werden		
24	Charakterisierung von Abfällen, Auslaugung	E DIN EN 12920 (01/2005)	Kein Elutionstest; Betrachtungen von Vorgehensweisen zur Untersuchung der mobilen Stoffanteile	Keine Relevanz für die Vollzugspraxis; Ersatz für DIN V ENV 12920 (09:1998)		
25	Abfall	DIN CEN/TS 15862 (11/2012)	Auslaugung monolithischer Materialien Flüssigkeit/Oberflächen-Verhältnis (L/A)=12cm³/cm²	Zwischenzeitlich DIN SPEC 91233 (11/2012)		
26	Abfall	DIN CEN/TS 15864 (11/2012)	Dynamisches Auslaugverfahren für monolithische Materialien mit periodischer Erneuerung des Auslaugmittels	Zwischenzeitlich DIN SPEC 91235 (11/2012)		
27	Bauprodukte	DIN CEN/TS 15364 (10/2013)	Horizontale dynamische Oberflächenauslaugung; Freisetzung von „gefährlichen“ Stoffen; L/A= 80 l/m² bei Folien oder plattenartigen Produkten	Vornorm		
28	Abfall	DIN CEN/TS 14429 (01/2006)	Säulenversuch im Aufwärtsstrom	Nicht validiert Zur DIN EN 14429 fortgeschrieben		
29	Feststoffe	DIN SPEC 19546 (in Drucklegung)	Statisches Elutionsverfahren zur Untersuchung des Elutionsverhaltens von anorg. und org. Stoffen bei einem s/l=1:2 - DIN SPEC in Vorbereitung -	Nicht validiert Verfahren weist ein hohes Maß an Reproduzierbarkeit auf.		

Tab.II.3.4.2 Elutions- und Perkulationsverfahren

Lfd. Nr.	Anwendungsbereich	Verfahren	Kurzbeschreibung	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
30	Abfall	DIN EN 14429 (05/2015)	pH-abhängiger Test unter vorheriger Säure- oder Basezugabe; s/l=1:10	Gefahr der Übertitration Nicht vollzugs-praxistauglich		
31	Bodenbeschaffenheit Ökotoxuntersuchung	DIN ISO/TS 21268-1 (02/2010)	Schüttelverfahren; s/l=1:2	Nicht validiert Zwischenzeitlich DIN SPEC 1128 (02/2010)		HBU
32	Bodenbeschaffenheit Ökotoxuntersuchung	DIN ISO/TS 21268-4 (02/2010)	Einfluss des pH-Wertes unter vorheriger Säure-/Basezugabe; Elutionsmittel: 0,001M CaCl ₂	Nicht validiert Zwischenzeitlich DIN SPEC 1131 (02/2010)		HBU
33	Abfall	DIN CEN/TS 16660 (08/2015) bzw. DIN SPEC 19683 (08/2015)	Bestimmung der Reduktionseigenschaft/-fähigkeit			
34	Boden	DIN 19730 (06/1997)	Extraktion mit 1M Ammoniumnitratlösung	Aktuellere Version: DIN ISO 19730 (07/2009)		HBU BBodSchV
35	Boden	DIN 19730 (07/2009)	Extraktion mit 1M Ammoniumnitratlösung		FBU	FM-BA
36	Boden	DIN 19738 (07/2004) (06/2017)	Physiologienaher Elutionstest für Schwermetalle, hydrophobe Organica (PAK,PCB)	Die Bestimmung der „Resorptionsverfügbarkeit“ kann im Rahmen der Detailuntersuchung von Bedeutung sein; optionaler Parameter gemäß FM-BA	FBU	FM-BA HBU
37	Salze	BSE	s. Infobox III A.3.2	Ungeeignet für zur Schadstoffuntersuchung von Boden- und Altlastenmaterialien; Nicht validiert für anorg./org. Schadstoffe	sollte ersetzt werden durch: DIN 19529 „neu“ (12/2015)	BBodSchV

II.4 **Allgemeine Parameter**

Den allgemeinen Parametern wird oftmals zu wenig Beachtung geschenkt. Im Rahmen von Plausibilitätsprüfungen sind diese aber genauso wie z.B. allgemeine Probenbeschreibungen gut geeignet, um festzustellen, ob das Ergebnis überhaupt zur Probe passt. Untypische Farben, pH-Werte oder unplausible Leitfähigkeiten können z.B. auf Probenvertauschungen, Täuschungen oder Inhomoginitäten hindeuten.

Ein Klassiker zur Kontrolle ist die Prüfung von Ionenbilanzen.

II.4.1 **Feststoffe (pH-Wert, Trockenmasse, Glühverlust etc.)**

Tab.II.4.1 Feststoffe (pH-Wert, Trockenmasse, Glühverlust etc.)

Lfd. Nr.	Parameter	Anwendungsbereich	Verfahren	Kurzbeschreibung	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk Regelungen (zitiert in:)
1	pH-Wert	Bodenmaterial	DIN ISO 10390 (05/1997) (12/2005)	A: $H_2O/KCl = 1:5$ $H_2O/CaCl_2 = 1:5$ Suspension; Standzeit: 2-24h B: $H_2O/KCl = 1:5$ $H_2O/CaCl_2 = 1:5$ Suspension Standzeit 1-3h	A: Version 1997 (wurde ersetzt durch 12/05) B: Version 2003 DIN ISO 10390 (12/2005) ersatzlos zurückgezogen	FBU	LAGA M20 BBodSchV HBU FM-BA
2	pH-Wert	Schlamm	DIN 38414-5 (09/1981)		Ersetzt durch DIN EN 12176 (06/98)		
3	pH-Wert	Schlamm, Schlammprodukte	DIN EN 12176 (06/1998)		Ersatzlos zurückgezogen		
4	pH-Wert	Boden	DIN 19684-1 (02/1977)	0,01 mol $CaCl_2$ -Lsg. Gerührt, Standzeit 1h			BioAbfV
5	pH-Wert	Boden, Bioabfall, Schlamm	DIN EN 15933 (12/2012)	0,01 mol $CaCl_2$ -Lsg. Schütteln oder Mischen; ca. 60 min.			HBU AbfklärV FMA
6	pH-Wert	Boden	VDLUFA- Methodenbuch Bd. I	Aufschlammung mit $CaCl_2$ - (oder KCl-Lösung)			FMA BioAbfV
7	Elektrische Leitfähigkeit	Bodenmaterial	DIN ISO 11265 (06/1997)	Aufschlammung mit Wasser s/l = 1:5	Ersetzt DIN 19684-11 (02/1977)		LAGA M20 HBU
8	Glühverlust	Abfall, Bodenmaterial	DIN EN 15169 (05/2007)	Thermische Behandlung bei 550 ± 25 °C; anschließend Gravimetrie	Für die Bestimmung des org. Anteils ist der Feststoff-TOC gemäß DIN EN 13137 besser geeignet	Forum-AU	DepV FMA HBU

Tab.II.4.1 Feststoffe (pH-Wert, Trockenmasse, Glühverlust etc.)

Lfd. Nr.	Parameter	Anwendungsbereich	Verfahren	Kurzbeschreibung	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk Regelungen (zitiert in:)
9	Glühverlust	Bioabfall, Boden, Abfall	DIN EN 15935 (12/2010)		Unterscheidung für a) Proben mit: geringem Anteil flüchtiger Bestandteile b) Proben mit flüchtigen Bestandteilen		HBU AbfKlärV FMA
10	Trockenmasse/-rückstand	Bioabfall, Boden, Abfall	DIN EN 15934 (11/2012)				AbfKlärV FMA
11	Glühverlust	Bioabfall, Boden, Abfall	DIN EN 15933 (11/2012)				AbfKlärV FMA
12	Glühverlust des Trockenrückstandes der Originalsubstanz		DIN EN 13039 (01/2012)	Gravimetrie		sollte ersetzt werden durch: DIN EN 15169 (05/2007)	BioAbfV FMA HBU
13	Bestimmung der Trockensubstanz und des Wassergehaltes	Boden	DIN ISO 11465 (12/1996)	Thermische Behandlung bei $105 \pm 5 \text{ °C}$;			
14	Glühverlust der Trockenmasse	Schlämme, Schlammprodukte	DIN EN 12879 (02/2001)	Thermische Behandlung bei $550 \pm 25 \text{ °C}$; Differenzwägung			
15	pH-Wert	Bodenverbesserer, Kultursubstrate	DIN EN 13037 (01/2012)	pH-Wertbestimmung in Suspension	kein Klärschlamm Vorsiebung: A:< 20 mm B <40 mm		BioAbfV FMA HBU
16	elektr. Leitfähigkeit (Salzgehalt)	Bodenverbesserungsmittel, Kultursubstrate	DIN EN 13038 (01/2012)	Vorsiebung 20mm oder 40mm; Suspendierung/ Filtrierung; Lf-Bestimmung in wässrigem Extrakt	Vorsiebung: A:< 20 mm B <40 mm	Forum-AU	BioAbfV FMA HBU
17	Salzgehalt		VDLUFA-Methodenbuch Bd. I		Anwendung im Bodenbereich der BioAbfV		BioAbfV

II.4.2 Eluate, Perkolate, Wässer

Tab.II.4.2 Eluate, Perkolate, Wasser

Lfd. Nr.	Parameter	Anwendungsbereich	Verfahren	Kurzbeschreibung	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
1	pH-Wert	Eluate	DIN 38404-5 (07/2009)	Elektrometrisch (Glaselektrode)	pH3 - pH10, I = 0,3 mol/kg T = 0 – 50 °C L = 20000 mS/m Ersetzt durch DIN EN ISO 10523 (04/2012)	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 10523 (04/2012)	DepV HBU FMA
2	pH-Wert	Eluate	DIN EN ISO 10523 (04/2012)	Elektrometrisch (Glaselektrode)	Benennt Störeinflüsse bei Messungen Obligatorischer Parameter gemäß FM-BA	FBU, Forum-AU	FM-BA
3	pH-Wert	Eluate	DIN EN 16192 (02/2012)	Auflistung von Parametern	Keine pH-Wert-Bestimmung möglich Entbehrliche Methode	ungeeignet zur pH-Wert-Messung	
4	Elektr. Leitfähigkeit	Wasser	DIN EN 27888 (11/1993)	Summe der ion. Bestandteile	Ersetzt DIN 38404-8 (09/1985) Obligatorischer Parameter gemäß FM-BA		DepV FMA HBU FM-BA
5	Trübung	Wasser	DIN EN ISO 7027 (04/2000)	Durchlichtmessung an zylindrischer Küvette	Störung durch gefärbte Lösungen Alternative: Messung > 800nm FNU-Messung 0-40 FNU oder 40 bis 400 FAU Ersetzt DIN EN 27027 (03/1994) Obligatorischer Parameter gemäß FM-BA	FBU, Forum-AU	FM-BA HBU
6	Trübung	Wasser	E-DIN EN ISO 7027-1 (11/2014)	Quantitative Trübungsmessung im Durchlichtigkeitszylinder			

Tab.II.4.2 Eluate, Perkolate, Wässer

Lfd. Nr.	Parameter	Anwendungsbereich	Verfahren	Kurzbeschreibung	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
7	Färbung	Wasser	E-DIN EN ISO 7887 (04/2012)	Messung der Extinktion bei: 436 nm, 525 nm, 620 nm	Ersetzt durch DIN EN ISO 7887 (04/2012)		FM-BA HBU
8	Geruch	Wasser	DIN EN 1622 (10/2006)	Best. der Geruchsschwellenwerte (TON) und der Geschmacksschwellenwerte (TFN) durch Testpersonen	Ersatz für DIN EN 1622(01/1998)		
9	Wasserlöslicher Anteil	Gelöste Feststoffe in Wässern und Eluaten >200 mg/l	DIN EN 15216 (01/2008)	Best. des Gesamtgehaltes an gelösten Feststoffen in Wässern und Eluaten			DepV HBU
10	Wasserlöslicher Anteil	Alle Wässer	DIN 38409-1 (01/1987)	Best. des Gesamttrockenrückstandes, des Filtratrückstandes u. des Glührückstandes			DepV
11	Wasserlöslicher Anteil ⁴	Alle Wässer	DIN 38409-2 (03/1987)	Abfiltrierbare Stoffe und Glührückstand	Filtration sofort nach „Probenahme“; Ersatz für DIN 38409-2 (07/1980)		DepV
12	Sauerstoffgehalt	Alle Wässer	DIN EN 25814 (11/1992)	Elektrochem. Verfahren	Obligatorischer Parameter gemäß FM-BA		FM-BA HBU
13	Temperatur	Alle Wässer	DIN 38404-4 (1976)		Obligatorischer Parameter gemäß FM-BA		FM-BA
14	Geruch	Alle Wässer	DEV B 1/2 (1971)		Obligatorischer Parameter gemäß FM-BA		FM-BA
15	Redoxspannung	Alle Wässer	DIN 38404-6 (1984)	Elektrochem. Verfahren; Durchflussmesszelle	Obligatorischer Parameter gemäß FM-BA		FM-BA

⁴ Falsche Methodenangabe unter 3.2.22 Anhang 4 der DepV (1.ÄnderungsVO); zitierte Methoden ermöglichen nicht die Bestimmung des wasserlöslichen Anteils.

II.5 **Physikalische Parameter**

Hinweise zur Ermittlung der Entzündlichkeit von Abfällen gemäß AVV finden sich im Anhang 4 der Methodensammlung Feststoffuntersuchung.

II.5.1 **Physikalische Parameter Feststoffe**

Tab.II.5.1 Physikalische Parameter Feststoffe

Lfd. Nr.	Parameter	Anwendungsbereich	Verfahren	Kurzbeschreibung	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
1	Brenn- und Heizwert	Bestimmung des Brenn- und Heizwertes in Schlämmen	DIN EN 15170 (11/2006) (05/2009)	Brennwertbestimmung im Kalorimeter; Berechnung des Heizwertes	Validiertes Verfahren	Forum-AU	DepV FMA
2	Korngrößenverteilung		DIN 18123 (04/2011)	Siebung, Pipettverfahren, Aerometer	Veraltete bzw. zurückgezogene Norm wurde ersetzt durch DIN EN ISO 17892-4 (04/2017) Anwendung im Bodenbereich der AbfKlärV, Bio-AbfV		HBU FM-BA
3	Dichte	Untersuchung von Bodenproben	DIN 18125-2 (03/2011)		Ersetzt DIN 18125-2 (08/1999)		DepV HBU FMA
4	Entzündlichkeit im Kontakt mit Wasser	Abfall	Verfahren siehe Anhang	Detaillierte Verfahrensbeschreibung siehe Anhang der Methosa FU	Feststellen des Gefährlichkeitskriteriums nach AVV	Forum-AU	AVV
5	Trockenrohdichte	DIN ISO 11272 (01/1994) (01/2001) (06/2014) (04/2017)	Bodenuntersuchung		Ersatz für: DIN ISO 11272 (06/2014)	FBU	BBodSchV FM-BA HBU
6	Partikelgrößen-Verteilung	E-DIN ISO 11277 (06/1994)	Bodenuntersuchung	Pipettanalyse oder Aräometermethode		sollte ersetzt werden durch: DIN ISO 11277 (08/2002)	BBodSchV HBU
7	Partikelgrößen-Verteilung	DIN 19683-2: 04.97	Bodenuntersuchungsverfahren im Landwirtschaftlichen Wasserbau	Pipettanalyse	zurückgezogen	sollte ersetzt werden durch: DIN ISO 11277 (08/2002)	BBodSchV HBU

Tab.II.5.1 Physikalische Parameter Feststoffe

Lfd. Nr.	Parameter	Anwendungsbereich	Verfahren	Kurzbeschreibung	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
8	Partikelgrößen-Verteilung	DIN 18123 (11/1996)	Baugrund	Aräometermethode	Zurückgezogen; Veraltete Norm	sollte ersetzt werden durch: DIN ISO 11277 (08/2002)	BBodSchV
9	Partikelgrößen-Verteilung	DIN ISO 11277 (08/2002)	Bodenuntersuchung	Pipettanalyse oder Aräometermethode		FBU	FM-BA HBU

II.6 **Anorganische Analytik**

II.6.1 **Anorganische Analytik Feststoffe (einschließlich ölhaltige Abfälle)**

In der anorganischen Analytik werden mittlerweile im Wesentlichen Multielementverfahren wie die ICP-MS und die ICP-OES eingesetzt.

Die ICP-MS (inductively coupled plasma mass spectrometry, Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma) hat sich in den letzten Jahren zu einer sehr nachweis- und leistungsstarken Routinemethode in der Elementanalytik entwickelt. In modernen Geräten reduziert die Verwendung von Kollisions- und Reaktionszellen die Anfälligkeit gegenüber Interferenzen. Durch spezielle Probenzuführungssysteme, aber auch durch einfache Verdünnung der Probelösungen, lassen sich auch komplexe Probenmatrices analysieren.

Die ICP-OES (inductively coupled plasma optical emission spectrometry, optische Emissionsspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma) ist eine sehr verbreitete Routinemethode mit hoher Robustheit, aber gegenüber der ICP-MS meist deutlich geringerer Nachweisstärke. Vorteile gegenüber ICP-MS-Geräten bestehen bei Analyse stark salz- und TOC-haltiger Proben bzw. Aufschlusslösungen aufgrund höherer Matrixtoleranz.

Beide Verfahren sind aus Gründen der Belastbarkeit der Ergebnisse den AAS-Verfahren vorzuziehen.

Tab.II.6.1 Anorganische Analytik Feststoffe (einschließlich ölhaltige Abfälle)

Lfd. Nr.	Parameter	Materialtyp	Probenaufarbeitung	Verfahren	Kurzbeschreibung	UAG der Norm	UAG im Feststoff	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
1	Antimon	Abfall	Königswasserextrakt: DIN EN 13657 (01/2003)	DIN EN ISO 22036 (07/2009)	ICP - OES	0,1 mg/l	< 2 mg/kg	ICP-MS Verfahren favorisieren (17294-2)	FBU, Forum-AU	HBU FM-BA
	Antimon	Boden	Königswasserextrakt: DIN EN 13657 (01/2003)	DIN EN 16171 (01/2017)	ICP-MS				sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2	
	Antimon	Abfall	Königswasserextrakt: DIN EN 13657 (01/2003)	DIN EN ISO 17294-2 (02/2005) (01/2017)	ICP-MS	0,0002 mg/l	< 0,1 mg/kg		FBU, Forum-AU	BBodSchV HBU FM-BA
	Antimon	Wasser, Schlamm, Sediment	Königswasserextrakt	DIN EN ISO 11885 (09/2009)	ICP-OES	0,1 mg/l	3 mg/kg	ICP-MS Verfahren favorisieren (17294-2)	FBU	BBodSchV HBU
	Antimon	Abfall, Boden	Königswasserextrakt	DIN EN ISO 20280 (05/2010)	AAS-GR/-Hydrid			ICP-MS Verfahren favorisieren (17294-2)	FBU	HBU FM-BA
	Antimon	Bioabfall, Boden	Königswasserextrakt	DIN EN 16170 (01/2017)	ICP-OES			ICP-MS Verfahren favorisieren (17294-2)	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2	HBU
	Antimon	Bioabfall, Boden, Schlamm	Königswasserextrakt	CEN/TS 16170 (07/2013)	ICP-OES			Ersetzt durch DIN EN 16170 (01/2017)	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2	
	Antimon	Abfall	Königswasserextrakt: DIN EN 13657 (01/2003)	DIN 38405 D32-1 (05/2000)	ET-AAS	0,01 mg/l	< 1 mg/kg	nicht mehr gebräuchlich	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2	

Tab.II.6.1 Anorganische Analytik Feststoffe (einschließlich ölhaltige Abfälle)

Lfd. Nr.	Parameter	Materialtyp	Probenaufarbeitung	Verfahren	Kurzbeschreibung	UAG der Norm	UAG im Feststoff	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
	Antimon	Abfall	Königswasserextrakt: DIN EN 13657 (01/2003)	DIN EN ISO 15586 (02/2004)	ET-AAS	0,01 mg/l	< 1 mg/kg	nicht mehr gebräuchlich	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2	HBU
	Antimon	Abfall	Königswasserextrakt: DIN EN 13657 (01/2003)	DIN 38405 D32-2 (05/2000)	AAS-Hydrid	0,001 mg/l	< 1 mg/kg	Hohe Matrixabhängigkeit Für Abfälle nicht zu empfehlen	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2	
2	Arsen	Abfall	BBodSchV: DIN ISO 11466 FBU: DIN EN 13657 (01/2003) - nur geschlossenes Verfahren -	DIN EN ISO 17294-2 (02/2005) (01/2017)	ICP-MS	0,001 mg/l	< 0,1 mg/kg		FBU, Forum-AU	BBodSchV HBU FM-BA
	Arsen	Boden	Königswasserextrakt: DIN EN 13657 (01/2003) - nur geschlossenes Verfahren -	DIN EN 16171 (01/2017)	ICP-MS				sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2	HBU AbfKlärV
	Arsen	Abfall	DIN ISO 13657 (01/2003)	DIN ISO 22036 (07/2009)	ICP - OES				FBU, Forum-AU	HBU FM-BA
	Arsen	Abfall, Boden	Königswasserextrakt	DIN EN ISO 20280 (05/2010)	ET-AAS / Hydrid			ICP-MS Verfahren favorisieren (DIN EN ISO 17294-2)	FBU	HBU FM-BA
	Arsen	Abfall	DIN EN 13657 (01/2003)	DIN EN ISO 15586 (02/2004)	ET-AAS	0,001 mg/l	< 1 mg/kg	nicht mehr gebräuchlich	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2	

Tab.II.6.1 Anorganische Analytik Feststoffe (einschließlich ölhaltige Abfälle)

Lfd. Nr.	Parameter	Materialtyp	Probenaufarbeitung	Verfahren	Kurzbeschreibung	UAG der Norm	UAG im Feststoff	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
	Arsen	Abfall	DIN EN 13657 (01/2003)	DIN EN ISO 11969 (11/1996)	AAS-Hydrid	0,001mg /l	< 1 mg/kg	Hohe Matrixabhängigkeit Für Abfälle nicht zu empfehlen	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2	AltholzV HBU FMA
	Arsen	Bodenmaterial	Königswasserextrakt	DIN ISO 20280 (05/2010)	ET-AAS / Hydrid			ICP-MS Verfahren favorisieren (DIN EN ISO 17294-2)	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2	
	Arsen	Boden, Bioabfall, Schlamm	Königswasserextrakt	E-DIN ISO 17378-2 (01/2017)	AAS-Hydrid			ICP-MS Verfahren favorisieren (DIN EN ISO 17294-2)	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2	
	Arsen	Wasser, Schlamm, Sediment, Abfall	BBodSchV: DIN ISO 11466 FBU: DIN EN 13657 (01/2003) - nur geschlossenes Verfahren -	DIN EN ISO 11885 (09/2009)	ICP - OES			ICP-OES Verfahren favorisieren gemäß DIN ISO 22036	FBU	BBodSchV HBU AbfKlärV FMA
	Arsen	Bioabfall, Boden	FBU, Forum-AU: DIN EN 13657 (01/2003) - nur geschlossenes Verfahren -	DIN EN 16170 (01/20017)	ICP-OES			ICP-MS Verfahren favorisieren (DIN EN ISO 17294-2)	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2	AbfKlärV
	Arsen	Bioabfall, Boden, Schlamm	FBU, Forum-AU: DIN EN 13657 (01/2003) - nur geschlossenes Verfahren -	CEN/TS 16170 (07/2013)	ICP-OES			Ersetzt durch DIN EN 16170 (01/2017)	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2	
	Arsen	Abfall	Königswasserextrakt	DIN ISO 11047 (05/2003)	ET-AAS / Flamme			ICP-MS Verfahren favorisieren (DIN EN ISO 17294-2)	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2	HBU AbfKlärV FMA

Tab.II.6.1 Anorganische Analytik Feststoffe (einschließlich ölhaltige Abfälle)

Lfd. Nr.	Parameter	Materialtyp	Probenaufarbeitung	Verfahren	Kurzbeschreibung	UAG der Norm	UAG im Feststoff	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
	Arsen	Abfall	Königswasserextrakt	DIN EN 16171 (01/2017)	ICP-MS				solite ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2	AbfKlärV
	Arsen	Abfall	Königswasserextrakt	DIN EN 16170 (01/2017)	ICP-OES				solite ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2	AbfKlärV
3	Barium	Abfall	DIN EN 13657 (01/2003)	DIN ISO 22036 (07/2009)	ICP - OES		< 2		Forum-AU	DepV FMA
	Barium	Abfall	DIN EN 13657 (01/2003)	DIN EN ISO 17294-2 (02/2005) (01/2017)	ICP-MS	0,003 mg/l	< 1		Forum-AU	DepV FMA HBU
	Barium	Abfall	DIN EN 13657 (01/2003)	DIN EN ISO 11885 (09/2009)	ICP - OES	0,004 mg/l	< 1		solite ersetzt werden durch: DIN EN ISO17294-2	DepV FMA HBU
4	Blei	Abfall	BioAbfV: DIN EN 13650 (01/2002) AltholzV: E-DIN EN 13657 (10/1999)	DIN EN ISO 11885 (04/1998) (09/2009)	ICP - OES	0,2 mg/l	10	Aufschluss-Normen für AltholzV veraltet; ICP-OES Verfahren favorisieren gemäß DIN ISO 22036	FBU	BBodSchV HBU BioAbfV FMA AltholzV AbfKlärV
	Blei	Abfall	BioAbfV: DIN EN 13650 (01/2002)	DIN EN ISO 17294-2 (02/2005) (01/2017)	ICP-MS				Forum-AU	BioAbfV FMA DepV AbfKlärV AltholzV

Tab.II.6.1 Anorganische Analytik Feststoffe (einschließlich ölhaltige Abfälle)

Lfd. Nr.	Parameter	Materialtyp	Probenaufarbeitung	Verfahren	Kurzbeschreibung	UAG der Norm	UAG im Feststoff	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
	Blei	Boden	Königswasserextrakt: DIN EN 13657 (01/2003)	DIN EN 16171 (01/2017)	ICP-MS				solite ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2	AbfKlärV
	Blei	Wasser, Schlamm, Sediment, Abfall	MÜ: DIN EN 13657 (01/2003)	DIN EN ISO 17294-2 (02/2005) (01/2017)	ICP-MS	0,0002 mg/l	< 0,1		FBU	BBodSchV HBU FM-BA FMA
	Blei	Abfall	DIN 38414, Teil 7 (01/1983)	DIN ISO 11047 (05/1998)	ET-AAS / Flamme			Aufschluss-Norm veraltet; Bestimmungsverfahren nicht mehr gebräuchlich.	solite ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2	AltholzV FMA
	Blei	Abfall	BioAbfV: DIN EN 13650 (01/2002) DepV: DIN EN 13657 (01/2003)	DIN ISO 11047 (05/2003)	ET-AAS / Flamme		GR: 0,15 mg/kg FL: 15 mg/kg	Norm aus dem Bereich Bodenbeschaffenheit Bestimmungsverfahren nicht mehr gebräuchlich.	solite ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2	DepV BioAbfV FMA AbfKlärV
	Blei	Bioabfall, Boden	Königswasserextrakt	DIN EN 16170 (01/20017)	ICP-OES			ICP-MS Verfahren favorisieren (DIN EN ISO 17294-2)	solite ersetzt werden durch: DIN ISO 22036	AbfKlärV
	Blei	Bioabfall, Boden, Schlamm	Königswasserextrakt	CEN/TS 16170 (07/2013)	ICP-OES			Ersetzt durch DIN EN 16170 (01/20017)	solite ersetzt werden durch: DIN ISO 22036	
	Blei	Abfall	DIN EN 13657 (01/2003)	DIN EN ISO 15586 (02/2004)	ET-AAS				solite ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2	DepV

Tab.II.6.1 Anorganische Analytik Feststoffe (einschließlich ölhaltige Abfälle)

Lfd. Nr.	Parameter	Materialtyp	Probenaufarbeitung	Verfahren	Kurzbeschreibung	UAG der Norm	UAG im Feststoff	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
	Blei	Abfall, Boden	BBodSchV: DIN ISO 11466	DIN ISO 11047 (06/1995) 05(2003)	ET-AAS / Flamme		ET-AAS: 0,15 mg/kg FL: 15 mg/kg	ICP-MS Verfahren favorisieren	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2	BBodSchV HBU FM-BA
	Blei	Abfall, Boden	Königswasserextrakt	DIN ISO 22036 (06/2009)	ICP-OES	< 0,01 mg/l	< 1	ICP-MS Verfahren favorisieren (DIN EN ISO 17294-2)	FBU	DepV HBU FM-BA AbfKlärV FMA
5	Cadmium	Abfall	BioAbfV: DIN EN 13650 (01/2002) AbfKlärV: DIN EN 13657 (10/1999) (01/2003) AltholzV: DIN 38414, Teil 7 (01/1983)	DIN EN ISO 11885 (04/1998) (09/2009)	ICP - OES	0,01 mg/l	< 1 mg/kg	Aufschluss-Normen für AltholzV veraltet ICP-OES Verfahren favorisieren (DIN ISO 22036)	FBU	BBodSchV HBU AltholzV BioAbfV FMA AbfKlärV
	Cadmium	Wasser, Schlamm, Sediment, Boden, Abfall	BioAbfV: DIN EN 13650 (01/2002) BBodSchV: DIN ISO 11466 (06/1997)	DIN EN ISO 17294-2 (02/2005) (01/2017)	ICP-MS	0,0001 mg/l	< 0,1 mg/kg	Aufschlussnorm für BBodSchV ersatzlos zurückgezogen	FBU, Forum-AU	BBodSchV HBU BioAbfV MÜ AbfKlärV FMA
	Cadmium	Boden, Bioabfall, Kompost	Königswasser-aufschluss	DIN EN 16171 (01/2017)	ICP-MS				sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2	AbfKlärV FMA
	Cadmium	Abfall	DIN 38414, Teil 7 (01/1983)	DIN ISO 5961 (05/1995)	ET-AAS	0,3 µg/l	< 0,1 mg/kg	Aufschluss-Norm veraltet; Bestimmungsverfahren nicht mehr gebräuchlich.	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2	HBU BioAbfV FMA

Tab.II.6.1 Anorganische Analytik Feststoffe (einschließlich ölhaltige Abfälle)

Lfd. Nr.	Parameter	Material-typ	Probenaufarbeitung	Verfahren	Kurzbeschreibung	UAG der Norm	UAG im Feststoff	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
	Cadmium	Abfall, Boden	Königswasserextrakt	DIN ISO 22036 (06/2009)	ICP-OES	< 0,01 mg/l	< 1		FBU, Forum-AU	DepV HBU FM-BA FMA BioAbfV AbfKlärV
	Cadmium	Abfall	E-DIN EN 13657 (10/1999)	DIN ISO 11047 (06/1995) (05/2003)	ET-AAS / Flamme			Aufschluss-Norm veraltet; Bestimmungsverfahren nicht mehr gebräuchlich. Norm aus dem Bereich Bodenbeschaffenheit	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2	AltholzV FMA
	Cadmium	Abfall	DepV: DIN EN 13657 (01/2003) BioAbfV: DIN EN 13650 (01/2002)	DIN ISO 11047 (05/2003)	ET-AAS / Flamme		GR: < 0,1 mg/kg FL: 2 mg/kg	Norm aus dem Bereich Boden-beschaffenheit, Bestimmungsverfahren nicht mehr gebräuchlich. ICP-MS Verfahren favorisieren	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2	BBodSchV HBU FM-BA FMA DepV BioAbfV AbfKlärV
	Cadmium	Abfall	DepV: DIN EN 13657 (01/2003)	DIN EN ISO 11885 (09/2009)	ICP - OES	0,01 mg/l	< 1 mg/kg		sollte ersetzt werden durch: DIN ISO 22036	DepV HBU AbfKlärV FMA BioAbfV
	Cadmium	Bioabfall, Boden	Königswasser-aufschluss	DIN EN 16170 (01/20017)	ICP-OES			ICP-MS Verfahren favorisieren (17294-2)	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2	AbfKlärV FMA
	Cadmium	Abfall	E-DIN EN 13657(10/1999)	DIN ISO 5961 (05/1995)	ET-AAS	0,05 mg/l	2 mg/kg	Aufschluss-Norm veraltet; Bestimmungsverfahren nicht mehr gebräuchlich	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2	AltholzV

Tab.II.6.1 Anorganische Analytik Feststoffe (einschließlich ölhaltige Abfälle)

Lfd. Nr.	Parameter	Materialtyp	Probenaufarbeitung	Verfahren	Kurzbeschreibung	UAG der Norm	UAG im Feststoff	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
6	Chrom	Wasser, Schlamm, Sediment, Abfall	BioAbfV: DIN EN 13650 (01/2002)	DIN EN ISO 17294-2 (02/2005) (01/2017)	ICP-MS	0,005 mg/l	< 0,2 mg/kg		FBU, Forum-AU	BBodSchV HBU FM-BA FMA BioAbfV AbfKlärV
	Chrom	Wasser, Schlamm, Sediment, Abfall	DepV: DIN EN 13657 (01/2003)	DIN ISO 22036 (07/2009)	ICP - OES	0,005 mg/l	<0,2 mg/kg		FBU, Forum-AU	HBU FM-BA DepV AbfKlärV FMA
	Chrom	Abfall	AltholzV: E-DIN EN 13657 (10/1999) BioAbfV: DIN EN 13650 (01/2002)	DIN EN ISO 11885 (04/1998) (09/2009)	ICP - OES	0,01 mg/l	3 mg/kg	Aufschluss-Norm für Abf-KlärV und AltholzV veraltet	sollte ersetzt werden durch: DIN ISO 22036	BBodSchV HBU AltholzV, FMA BioAbfV
	Chrom	Boden	Königswasserextrakt: DIN EN 13657 (01/2003)	DIN EN 16171 (01/2017)	ICP-MS				sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2	AbfKlärV FMA
	Chrom	Abfall	AltholzV: E-DIN EN 13657 (10/1999) BioAbfV: DIN EN 13650 (01/2002)	DIN EN ISO 11885 (04/1998) (09/2009)	ICP - OES	0,01 mg/l	3 mg/kg	Aufschluss-Norm für Abf-KlärV und AltholzV veraltet	sollte ersetzt werden durch: DIN ISO 22036	BBodSchV HBU AltholzV, BioAbfV FMA
	Chrom	Abfall	BioAbfV: DIN EN 13650 (01/2002) AltholzV E-DIN EN 13657 (10/1999) BioAbfV: DIN 38414, Teil 7 (01/1983)	DIN EN 1233 (08/1996)	ET-AAS	0,004 mg/l	< 1 mg/kg	Aufschluss-Norm für Abf-KlärV und AltholzV veraltet Bestimmungsverfahren nicht mehr gebräuchlich	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2	BioAbfV, FMA AltholzV

Tab.II.6.1 Anorganische Analytik Feststoffe (einschließlich ölhaltige Abfälle)

Lfd. Nr.	Parameter	Materialtyp	Probenaufarbeitung	Verfahren	Kurzbeschreibung	UAG der Norm	UAG im Feststoff	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
	Chrom	Bioabfall, Boden	Königswasserextrakt	DIN EN 16170 (01/2017)	ICP-OES			ICP-MS Verfahren favorisieren (17294-2)	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2	AbfKlärV FMA
	Chrom	Boden	Königswasserextrakt: DIN EN 13657 (01/2003)	DIN EN 16171 (01/2017)	ICP-MS				sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2	AbfKlärV FMA
	Chrom	Bioabfall, Boden, Schlamm	Königswasserextrakt	CEN/TS 16170 (07/2013)	ICP-OES			Ersetzt durch DIN EN 16170 (01/20017)	sollte ersetzt werden durch: DIN ISO 22036	
	Chrom	Abfall	BioAbfV: DIN 38414, Teil 7 (01/1983) AltholzV: E-DIN EN 13657 (10/1999) DepV: DIN EN 13657 (01/2003)	DIN ISO 11047 (06/1995) (05/2003)	ET-AAS / Flamme			Veralteter Stand 06/1995; aktuell: 05/2003; Aufschluss-Norm für Bio-AbfV und AltholzV veraltet; Bestimmungsverfahren nicht mehr gebräuchlich; ICP-MS Verfahren favorisieren	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2	BBodSchV HBU FM-BA BioAbfV, AltholzV DepV FMA AbfKlärV
	Chrom	Abfall	DIN EN 13657 (01/2003)	DIN EN ISO 11885 (09/2009)	ICP-OES				sollte ersetzt werden durch: DIN ISO 22036	DepV HBU FMA AbfKlärV
7	Chrom (VI)	Abfall, Boden	Mahlen <250µm; Heiß-Extraktion mittels NaOH u. Na ₂ CO ₃	DIN EN 15192 (02/2007)	Photometrie oder IC				FBU, Forum-AU	HBU FM-BA MÜ AbfKlärV FMA

Tab.II.6.1 Anorganische Analytik Feststoffe (einschließlich ölhaltige Abfälle)

Lfd. Nr.	Parameter	Materialtyp	Probenaufarbeitung	Verfahren	Kurzbeschreibung	UAG der Norm	UAG im Feststoff	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
	Chrom (VI)	Boden		DIN 19734 (01/1999)	Photometrie nach Extraktion mit Pufferlösung		0,2 mg/kg	Methode liefert fehlerhafte C(VI)-Ergebnisse in Anwesenheit von Huminstoffen Norm zurückgezogen; wurde ersetzt durch DIN EN 15192	sollte ersetzt werden durch: DIN EN 15192 (02/2007)	HBU BBodSchV
8	Cyanid, gesamt	Abfall		LAGA - Richtlinie CN 2/79 (12/1983)			0,1 mg/kg	Mangelnde Differenzierung zu Cyanid leicht freisetzbar Verfahren wurde zurückgezogen	Problematisch in der Anwendung	LAGA M20
	Cyanid, gesamt	Boden		E-DIN ISO 11780 (02/2002)				Falsch zitierte Norm; sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17380 (10/2013)		BBodSchV HBU LAGA M20 ⁵
	Cyanid, gesamt und Cyanid leicht freisetzbar	Boden		DIN EN ISO 17380 (05/2006) (10/2013)	Extraktion mit Natronlauge, Kontinuierliche Fließanalyse			Störung durch sulfidhaltige Abfälle	FBU, Forum-AU	FM-BA DepV FMA LAGA M20 ⁵ HBU
	Cyanid, gesamt	Boden		DIN ISO 11262 (04/2012)	Photometrie, Titrimetrie		0,5 mg/kg (Photom. 10 mg/kg Titrim.	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17380 (10/2013); (gebräuchlicheres CFA-Verfahren)		HBU FM-BA

⁵ In Teil III Probenahme und Analytik der LAGA M20 wurde die E DIN ISO 11780 (11/2002) fälschlicherweise zitiert; hier sollte die DIN EN ISO 17380 Anwendung finden.

Tab.II.6.1 Anorganische Analytik Feststoffe (einschließlich ölhaltige Abfälle)

Lfd. Nr.	Parameter	Materialtyp	Probenaufarbeitung	Verfahren	Kurzbeschreibung	UAG der Norm	UAG im Feststoff	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
9	Eisen	Bioabfall, Boden	Königswasserextrakt	DIN EN 16170 (01/2017)	ICP-OES			ICP-MS Verfahren favorisieren (17294-2)	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2	AbfKlärV FMA
	Eisen	Boden	Königswasserextrakt	DIN EN ISO 17294-2 (02/2005) (01/2017)	ICP-MS				FBU, Forum-AU	AbfKlärV FMA
	Eisen	Boden	Königswasserextrakt: DIN EN 13657 (01/2003)	DIN EN 16171 (01/2017)	ICP-MS				sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2	AbfKlärV FMA
10	Halogene (Cl, Br)	Flüssiger Abfall		In Anlehnung an DIN EN 24260 (04/1994) in Verbindung mit DIN 51408 Teil 1 (06/1983) oder DIN 38405 Teil 1 (12/1985) oder DIN EN ISO 10304 Teil 1 (04/1995)	Aufschluss nach Wickbold und Halogenidbestimmung in wässriger Lösung	1 mg/kg			Forum-AU	AltöIV
	Halogene (Cl, Br)	Altöl		DIN 51577 Teil 4 (02/1994)	Energiedispersive RFA	100 mg/kg		Vortest Störungen durch Matrix	Forum-AU	AltöIV

Tab.II.6.1 Anorganische Analytik Feststoffe (einschließlich ölhaltige Abfälle)

Lfd. Nr.	Parameter	Materialtyp	Probenaufarbeitung	Verfahren	Kurzbeschreibung	UAG der Norm	UAG im Feststoff	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
	Halogene (Cl, Br)	Altöl		DIN 51577 Teil 2 (01/1993)	Wellenlängendispersive RFA	1000 mg/kg		Störungen durch Matrix DIN 51577-2 ersetzt durch DIN ISO 15597 (01:2006)		AltölV
	Halogene (Cl, Br)	Altöl		DIN 51577 Teil 3 (06/1990)	Wellenlängendispersive RFA	10 mg/kg		Störungen durch Matrix DIN 51577-3 ersetzt durch DIN ISO 15597 (01:2006)		AltölV
11	Halogene (F, Cl, Br, J)	Abfall (fest)	Aufschluss in Sauerstoffatmosphäre Methode A: Druckaufschluss in der Bombe Methode B: Schöninger-Aufschluss	DIN EN 14582 (06/2007)	IC-Bestimmung gemäß DIN EN ISO 10304-1 (07/2009)	Methode A: 25 mg/kg Methode B: 250 mg/kg		Schwerlösliche Salze werden nicht erfasst Methode B sollte nur für orientierende Untersuchungen eingesetzt werden; Neufassung: Entwurf (04/2015); auch zur S-Best. geeignet (s. lfd. Nr. 15)	Forum-AU (Methode A)	HBU
	Halogene (F, Cl)	Altholz	AltholzV: Anhang IV, Nr. 1.4.2 (DIN 51727(06/2001))	DIN EN ISO 10304-1 (04/1995)	Aufschluss in Sauerstoffatmosphäre Methode A: Wickbold, Methode B: Druckaufschluss in der Bombe	100 mg/kg		Schwerlösliche Salze werden nicht erfasst		AltholzV FMA HBU
12	Kobalt	Abfall	Königswasserextrakt: DIN EN 13657 (01/2003)	DIN ISO 22036 (07/09)	ICP - OES	0,01 mg/l	< 1 mg/kg		FBU	FM-BA HBU
	Kobalt	Abfall	Königswasserextrakt: DIN EN 13657 (01/2003)	DIN EN ISO 17294-2 (02/2005) (01/2017)	ICP-MS	0,0002 mg/l	< 0,1 mg/kg		FBU	FM-BA HBU

Tab.II.6.1 Anorganische Analytik Feststoffe (einschließlich ölhaltige Abfälle)

Lfd. Nr.	Parameter	Materialtyp	Probenaufarbeitung	Verfahren	Kurzbeschreibung	UAG der Norm	UAG im Feststoff	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
	Kobalt	Abfall	Königswasserextrakt: DIN EN 13657 (01/2003)	DIN 38406 - E24 -1 (03/1993)	AAS-Flamme	0,2 mg/l	10 mg/kg	Bestimmungsverfahren nicht mehr gebräuchlich.	sollte ersetzt werden durch: DIN ISO 22036	HBU
	Kobalt	Bioabfall, Boden	Königswasserextrakt	DIN EN 16170 (01/20017)	ICP-OES				sollte ersetzt werden durch: DIN ISO 22036	
	Kobalt	Bioabfall, Boden, Schlamm	Königswasserextrakt	CEN/TS 16170 (07/2013)	ICP-OES			Ersetzt durch DIN EN 16170 (01/20017)	sollte ersetzt werden durch: DIN ISO 22036	
	Kobalt	Boden	Königswasserextrakt	DIN ISO 11047 (05/2003)	ET-AAS/-Flamme				sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2	FM-BA HBU
	Kobalt	Abfall	Königswasserextrakt: DIN EN 13657 (01/2003)	DIN 38406 - E 24 - 2 (03/1993)	ET-AAS	0,005 mg/l	< 1 mg/kg	Bestimmungsverfahren nicht mehr gebräuchlich.	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2	
	Kobalt	Wasser, Schlamm, Sediment, Abfall	Königswasseraufschluss	DIN EN ISO 11885 (09/2009)	ICP-OES	0,01 mg/l	< 1 mg/kg		sollte ersetzt werden durch: DIN ISO 22036	HBU
13	Kupfer	Abfall, Boden	BioAbfV: DIN EN 13650 (01/2002) DepV: DIN EN 13657 (01/2003)	DIN ISO 22036 (07/2009)	ICP-OES	0,02 mg/l	1 mg/kg		FBU, Forum-AU	HBU FM-BA FMA BioAbfV DepV AbfKlärV

Tab.II.6.1 Anorganische Analytik Feststoffe (einschließlich ölhaltige Abfälle)

Lfd. Nr.	Parameter	Materialtyp	Probenaufarbeitung	Verfahren	Kurzbeschreibung	UAG der Norm	UAG im Feststoff	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
	Kupfer	Wasser, Schlamm, Sediment, Abfall		DIN EN ISO 17294-2 (02/2005) (01/2017)	ICP-MS	0,002 mg/l	< 0,1 mg/kg		FBU, Forum-AU	BBodSchV HBU FM-BA FMA AbfKlärV BioAbfV
	Kupfer	Wasser, Schlamm, Sediment, Abfall	BioAbfV: DIN EN 13650 (01/2002) AltholzV: E DIN EN 13657(10/ 1999)	DIN 38406 - E7 -1 (09/1991)	AAS-Flamme	0,1 mg/l	3 mg/kg	ungebräuchliches Bestimmungsverfahren	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2	BioAbfV, FMA, AltholzV
	Kupfer	Abfall	DIN EN 13657 (01/2003)	DIN 38406-E7-2 (09/1991)	ET-AAS	0,002 mg/l	< 0,1 mg/kg	ungebräuchliches Bestimmungsverfahren	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2	BioAbfV FMA
	Kupfer	Bioabfall, Boden, Schlamm	BioAbfV: DIN EN 13650 (01/2002) DepV: DIN EN 13657 (01/2003) AltholzV: E-DIN EN 13657 (10/1999)	DIN ISO 11047 (05/2003)	ET-AAS / Flamme	GR: < 0,1 mg/kg FL: 3 mg/kg		Norm aus dem Bereich Bodenbeschaffenheit; Bestimmungsverfahren nicht mehr gebräuchlich (Flammen-AAS) Aufschluss-Normen für AltholzV veraltet;	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2	BBodSchV HBU FM-BA FMA DepV BioAbfV AltholzV AbfKlärV
	Kupfer	Bioabfall, Boden	Königswasserextrakt	DIN EN 16170 (01/2017)	ICP-OES				sollte ersetzt werden durch: DIN ISO 22036	AbfKlärV FMA
	Kupfer	Boden	Königswasserextrakt	DIN EN 16171 (01/2017)	ICP-MS				sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2	AbfKlärV FMA

Tab.II.6.1 Anorganische Analytik Feststoffe (einschließlich ölhaltige Abfälle)

Lfd. Nr.	Parameter	Materialtyp	Probenaufarbeitung	Verfahren	Kurzbeschreibung	UAG der Norm	UAG im Feststoff	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
	Kupfer	Bioabfall, Boden, Schlamm	Königswasserextrakt	CEN/TS 16170 (07/2013)	ICP-OES			Ersetzt durch DIN EN 16170 (01/2017)	sollte ersetzt werden durch: DIN ISO 22036	
	Kupfer	Wasser, Schlamm, Sediment	AltholzV: E-DIN EN 13657 (10/1999) BioAbfV: DIN EN 13650 (01/2002) DepV: DIN EN 13657 (01/2003)	DIN EN ISO 11885 (04/1998) (09/2009)	ICP - OES	0,01 mg/l	< 1 mg/kg	Aufschluss-Normen der AltholzV veraltet sollte ersetzt werden durch: DIN ISO 22036	FBU	BBodSchV, HBU DepV, AltholzV, BioAbfV, FMA AbfKlärV
14	Molybdän	Wasser	DIN EN 13657 (01/2003)	DIN EN ISO 17294-2 (02/2005) (01/2017)	ICP-MS	0,0003 mg/l	< 0,1 mg/kg		FBU, Forum-AU	BBodSchV HBU FM-BA
	Molybdän	Boden	DIN EN 13657 (01/2003)	DIN ISO 22036 (07/2009)	ICP - OES	< 0,01 mg/l	< 0,5 mg/kg		FBU, Forum-AU	HBU FM-BA
	Molybdän	Wasser	DIN EN 13657 (01/2003)	DIN EN ISO 15586 (02/2004)	ET-AAS	0,006 mg/l	< 1 mg/kg	Defizitäres/ Ungebräuchliches Bestimmungsverfahren		
	Molybdän	Wasser	DIN EN 13657 (01/2003)	DIN EN ISO 11885 (09/2009)	ICP - OES	0,03 mg/l	< 1 mg/kg		sollte ersetzt werden durch: DIN ISO 22036	BBodSchV HBU
	Molybdän	Bioabfall, Boden	Königswasserextrakt	DIN EN 16170 (01/20017)	ICP-OES			ICP-MS Verfahren favorisieren (17294-2)	sollte ersetzt werden durch: DIN ISO 22036	

Tab.II.6.1 Anorganische Analytik Feststoffe (einschließlich ölhaltige Abfälle)

Lfd. Nr.	Parameter	Materialtyp	Probenaufarbeitung	Verfahren	Kurzbeschreibung	UAG der Norm	UAG im Feststoff	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
	Molybdän	Boden	Königswasserextrakt	DIN EN 16171 (01/2017)	ICP-MS				sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2	
15	Nickel	Boden	DepV: DIN EN 13657 (01/2003)	DIN ISO 22036 (07/2009)	ICP - OES	0,01 mg/l	< 0,5 mg/kg		FBU, Forum-AU	HBU DepV AbfKlärV FMA
	Nickel	Wasser, Schlamm, Sediment	BioAbfV: DIN EN 13650 (01/2002)	DIN EN ISO 17294-2 (02/2005) (01/2017)	ICP-MS	0,002 mg/l	< 0,1 mg/kg		FBU, Forum-AU	BBodSchV HBU BioAbfV FMA AbfKlärV
	Nickel	Wasser	AltholzV: DIN EN 13657 (10/1999) DepV: DIN EN 13657 (01/2003) BioAbfV: DIN EN 13650 (01/2002)	DIN EN ISO 11885 (04/1998) (06/2009)	ICP-OES	0,02 mg/l	< 1 mg/kg	Aufschluss-Normen für AbfKlärV und AltholzV veraltet	sollte ersetzt werden durch: DIN ISO 22036	BBodSchV HBU FB-BA AltholzV DepV, BioAbfV FMA AbfKlärV
	Nickel	Boden, Bioabfall, Kompost	Königswasseraufschluss	DIN EN 16171 (01/2017)	ICP-MS				sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2	AbfKlärV FMA
	Nickel	Bioabfall, Boden	Königswasseraufschluss	DIN EN 16170 (01/2017)	ICP-OES			ICP-MS Verfahren favorisieren (17294-2)	sollte ersetzt werden durch: DIN ISO 22036	AbfKlärV FMA

Tab.II.6.1 Anorganische Analytik Feststoffe (einschließlich ölhaltige Abfälle)

Lfd. Nr.	Parameter	Materialtyp	Probenaufarbeitung	Verfahren	Kurzbeschreibung	UAG der Norm	UAG im Feststoff	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
	Nickel	Bioabfall, Boden, Schlamm	Königswasseraufschluss	CEN/TS 16170 (07/2013)	ICP-OES			Ersetzt durch DIN EN 16170 (01/2017)	sollte ersetzt werden durch: DIN ISO 22036	
	Nickel	Wasser Abwasser, Schlamm	BioAbfV: DIN EN 13650 (01/2002)	DIN 38406-E11-2 (09/1991)	ET-AAS	0,005 mg/l	< 1 mg/kg		sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2	BioAbfV FMA
	Nickel	Abfall	DepV: DIN EN 13657 (01/2003) BioAbfV: DIN EN 13650 (01/2002)	DIN ISO 11047 (05/2003)	ET-AAS / Flamme	GR: < 1 mg/kg FL: 10 mg/kg		Norm aus dem Bereich Bodenbeschaffenheit Bestimmungsverfahren nicht mehr gebräuchlich	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2	BBodSchV HBU DepV BioAbfV FMA AbfKlärV
16	Phosphor	Wasser		DIN EN ISO 6878 (09/2004)	Photometrie					AbfKlärV FMA
	Phosphor	Wasser		DIN EN ISO 11885 (09/2009)	ICP-OES					FMA HBU AbfKlärV
	Phosphor	Bioabfall, Boden	Königswasseraufschluss	DIN EN 16170 (01/2017)	ICP-OES			ICP-MS Verfahren favorisieren (17294-2)	sollte ersetzt werden durch: DIN ISO 22036	AbfKlärV FMA
	Phosphor	Boden, Bioabfall, Kompost	Königswasseraufschluss	DIN EN 16171 (01/2017)	ICP-MS				sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2	AbfKlärV FMA

Tab.II.6.1 Anorganische Analytik Feststoffe (einschließlich ölhaltige Abfälle)

Lfd. Nr.	Parameter	Materialtyp	Probenaufarbeitung	Verfahren	Kurzbeschreibung	UAG der Norm	UAG im Feststoff	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
	Phosphor	Wasser		DIN EN ISO 17294-2 (02/2005) (01/2017)	ICP-MS					HBU AbfKlärV FMA
17	Quecksilber	Abfall, Boden	Königswasseraufschluss nach DepV: DIN EN 13657 (01/2003)	DIN EN ISO 12846 (08/2012)	Kaltdampf-AAS			Ersatz für DIN EN 1483	FBU, Forum-AU	DepV MÜ HBU AbfKlärV FMA
	Quecksilber	Abfall	Königswasseraufschluss nach BBodSchV: E-DIN EN 13657 (10/1999)	DIN EN 1483 Absch.3 (07/2007)	Kaltdampf-AAS	0,0001 mg/l	< 0,1 mg/kg	Aufschluss-Norm veraltet Bestimmungsverfahren ersetzt durch DIN EN ISO 12846 (08/2012)		BBodSchV FM-BA HBU AltholzV BioAbfV FMA
	Quecksilber	Boden		DIN EN ISO 15586 (02/2004)	ET-AAS					
	Quecksilber	Abfall	BioAbfV: DIN EN 13650 (01/2002)	DIN 38406 - E12		0,0001 mg/l	< 0,1 mg/kg	Aufschluss-Norm für Abf-KlärV veraltet Bestimmungsverfahren ersetzt durch DIN EN 1483 (8/1997) bzw. (07/2007)		BioAbfV
	Quecksilber	Abfall	DepV: DIN EN 13657 (01/2003)	DIN EN ISO 17852 (04/2008)	Atomfluoreszenzverfahren (AFS)			a) Normhinweis: Ersatz für DIN EN ISO 13506 (4/2002) b) fachlich: Abfall: Verdünnungen erforderlich		DepV HBU AbfKlärV FMA

Tab.II.6.1 Anorganische Analytik Feststoffe (einschließlich ölhaltige Abfälle)

Lfd. Nr.	Parameter	Materialtyp	Probenaufarbeitung	Verfahren	Kurzbeschreibung	UAG der Norm	UAG im Feststoff	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
	Quecksilber	Abfall	Königswasserextrakt: DIN EN 13657 (10/1999)	DIN EN 12338 (10/1998)	AAS-Verfahren	0,00001 mg/l	< 0,01 mg/kg	Zurückgezogen und ersetzt durch DIN EN ISO 12846 (08/2012)		AltholzV BioAbfV FMA
	Quecksilber	Abfall	Königswasserextrakt	DIN EN ISO 17294-2 (02/2005) (01/2017)	ICP-MS			Verschleppung im Probeneintragssystem möglich; unzureichende UAG		
	Quecksilber	Bioabfall, Boden, Schlamm	Königswasserextrakt	DIN EN 16170 (01/2017)	ICP-OES				sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2 oder DIN EN ISO 12846 (08/2012)	
	Quecksilber	Boden, Schlamm	Königswasserextrakt	CEN/TS 16170 (07/2013)	ICP-OES					
	Quecksilber	Bioabfall, Boden, Schlamm	Königswasserextrakt	DIN EN 16175-1 (12/2016)	Kaltdampf-AAS					HBU AbfKlärV FMA
	Quecksilber	Bioabfall, Boden, Schlamm	Königswasserextrakt	DIN EN 16175-2 (12/2016)	Kaltdampf-AFS					HBU AbfKlärV FMA
	Quecksilber	Bioabfall, Boden, Schlamm	Königswasserextrakt	DIN EN 16171 (01/2017)	ICP-MS					AbfKlärV FMA
	Quecksilber	Boden	Königswasserextrakt	DIN ISO 16772 (06/2005)	Kaltdampf-Amalgamverfahren mit AFS			Äußerst nachweisstarkes Verfahren für extremste Spurenanalytik	Spezialverfahren	FM-BA HBU AbfKlärV

Tab.II.6.1 Anorganische Analytik Feststoffe (einschließlich ölhaltige Abfälle)

Lfd. Nr.	Parameter	Materialtyp	Probenaufarbeitung	Verfahren	Kurzbeschreibung	UAG der Norm	UAG im Feststoff	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
18	Schwefel	Abfall	Aufschluss in Sauerstoffatmosphäre Methode A: Druckaufschluss in der Bombe; Methode B: Schöninger-Aufschluss	E-DIN EN 14582 (04/2015)	IC-Bestimmung gemäß DIN EN ISO 10304-1	Methode A: 25 mg/kg Methode B: 250 mg/kg		Schwerlösliche Salze werden nicht erfasst Auch zur Halogenbestimmung (Cl, Br, J) in org. Verbindungen geeignet.	Forum-AU (Methode A)	
19	Selen	Abfall	Königswasserextrakt: DIN EN 13657 (01/2003)	DIN EN ISO 17294-2 (02/2005) (01/2017)	ICP-MS	0,010 mg/l	< 1mg/kg		FBU	BBodSchV HBU FM-BA
	Selen	Boden, Bioabfall, Kompost	Königswasserextrakt: DIN EN 13657 (01/2003)	DIN EN 16171 (01/2017)	ICP-MS				sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2	
	Selen	Boden	Königswasserextrakt: DIN EN 13657 (01/2003)	DIN EN ISO 11885 (09/2009)	ICP-OES				sollte ersetzt werden durch: DIN ISO 22036	HBU
	Selen	Wasser	Königswasserextrakt: DIN EN 13657 (01/2003)	DIN EN ISO 15586 (02/2004)	ET-AAS	0,015 mg/l	< 1mg/kg		sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2	HBU
	Selen	Bioabfall, Boden	Königswasserextrakt	DIN EN 16170 (01/20017)	ICP-OES			ICP-MS Verfahren favorisieren (17294-2)	sollte ersetzt werden durch: DIN ISO 22036	
	Selen	Bioabfall, Boden, Schlamm	Königswasserextrakt	CEN/TS 16170 (07/2013)	ICP-OES			Ersetzt durch DIN EN 16170 (01/20017)	sollte ersetzt werden durch: DIN ISO 22036	

Tab.II.6.1 Anorganische Analytik Feststoffe (einschließlich ölhaltige Abfälle)

Lfd. Nr.	Parameter	Materialtyp	Probenaufarbeitung	Verfahren	Kurzbeschreibung	UAG der Norm	UAG im Feststoff	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
	Selen	Boden, Bioabfall, Kompost	Königswasserextrakt: DIN EN 13657 (01/2003)	DIN EN 16171 (01/2017)	ICP-MS				sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2	
	Selen	Abfall, Boden	Königswasserextrakt	DIN EN ISO 20280 (05/2010)	ET-AAS / Hydrid				sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2	FBU FM-BA HBU
	Selen	Boden	Königswasserextrakt	DIN EN ISO 22036 (06/2009)	ICP-OES				FBU	FM-BA HBU AbfKlärV FMA
	Selen	Wasser, Abwasser, Schlamm	Königswasserextrakt: DIN EN 13657 (01/2003)	DIN 38405 D23-2 (10/1994)	AAS-Hydrid			Nicht mehr gebräuchlich	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2	BBodSchV
	Thallium	Abfall	Königswasserextrakt	DIN ISO 11047 (05/2003)	ET-AAS / Flamme			Mögliche Minderbefunde durch Königswasseraufschluss	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2	AbfKlärV FMA
20	Thallium	Abfall	Königswasserextrakt	DIN EN ISO 17294-2 (02/2005) (01/2017)	ICP-MS	0,0002 mg/l	< 0,1 mg/kg	Mögliche Minderbefunde durch Königswasseraufschluss	FBU	HBU FM-BA AbfKlärV
	Thallium	Boden, Bioabfall, Kompost	Königswasserextrakt	DIN EN 16171 (01/2017)	ICP-MS			Mögliche Minderbefunde durch Königswasseraufschluss	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2	AbfKlärV FMA

Tab.II.6.1 Anorganische Analytik Feststoffe (einschließlich ölhaltige Abfälle)

Lfd. Nr.	Parameter	Materialtyp	Probenaufarbeitung	Verfahren	Kurzbeschreibung	UAG der Norm	UAG im Feststoff	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
	Thallium	Abfall	Salpetersäuredruckaufschluss	DIN 38406 - E26 (07/1997)	ET-AAS	0,002 mg/l	< 0,1 mg/kg	Halogenide müssen vor der AAS-Bestimmung entfernt werden; Nicht mehr gebräuchlich	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2	AbfKlärV FMA
	Thallium	Bioabfall, Boden, Schlamm	Königswasseraufschluss	DIN EN 16170 (01/20017)	ICP-OES				sollte ersetzt werden durch: DIN ISO 22036	AbfKlärV FMA
	Thallium	Boden, Schlamm	Königswasseraufschluss	CEN/TS 16172 (07/2013)	ICP-OES				sollte ersetzt werden durch: DIN ISO 22036	AbfKlärV FMA
	Thallium	Abfall	Salpetersäuredruckaufschluss/ Königswasserauszug	DIN EN ISO 17294-2 (02/2005) (01/2017)	ICP-MS	0,0002 mg/l	< 0,1 mg/kg	Für TI-Analytik ist Salpetersäureaufschluss erforderlich	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2	FBU HBU FM-BA AbfKlärV FMA
	Thallium	Wasser, Schlamm, Sediment	Salpetersäuredruckaufschluss	DIN EN ISO 11885 (09/2009)	ICP-OES	0,03 mg/l	< 1 mg/kg		sollte ersetzt werden durch: DIN ISO 22036	BBodSchV HBU AbfKlärV
	Thallium	Wasser, Schlamm, Sediment	Salpetersäuredruckaufschluss	DIN ISO 20279 (01/2006)	ET-AAS		0,005 mg/kg	Halogenide müssen vor der AAS-Bestimmung entfernt werden; Nicht mehr gebräuchlich	FBU	HBU FM-BA
21	Uran	Abfall	Königswasserextrakt: DIN EN 13657 (01/2003)	DIN EN ISO 17294-2 (01/2017)	ICP-MS				Forum-AU	HBU FM-BA
22	Vanadium	Abfall	Königswasserextrakt, DIN EN 13657 (01/2003)	DIN ISO 22036 (07/2009)	ICP - OES	0,005 mg/l	< 0,5 mg/kg		FBU	HBU FM-BA

Tab.II.6.1 Anorganische Analytik Feststoffe (einschließlich ölhaltige Abfälle)

Lfd. Nr.	Parameter	Materialtyp	Probenaufarbeitung	Verfahren	Kurzbeschreibung	UAG der Norm	UAG im Feststoff	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
	Vanadium	Abfall	Königswasserextrakt, DIN EN 13657 (01/2003)	DIN EN ISO 17294-2 (02/2005) (01/2017)	ICP-MS	0,001 mg/l	< 0,1 mg/kg		FBU	HBU FM-BA
	Vanadium	Boden, Bioabfall, Kompost	Königswasserextrakt: DIN EN 13657 (01/2003)	DIN EN 16171 (01/2017)	ICP-MS				solte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2	
	Vanadium	Bioabfall, Boden, Schlamm	Königswasserextrakt:	DIN EN 16170 (01/20017)	ICP-OES				solte ersetzt werden durch: DIN ISO 22036	
	Vanadium	Abfall	DIN EN 13657 (01/2003)	DIN EN ISO 15586 (02/2004)	ET-AAS	0,020 mg/l	< 1 mg/kg	Ungebräuchlich, da Memoryeffekte auftreten	solte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2	
	Vanadium	Abfall	Königswasserextrakt, DIN EN 13657 (01/2003)	DIN EN ISO 11885 (09/2009)	ICP - OES	0,01 mg/l	< 1 mg/kg		FBU	HBU
	Vanadium	Abfall	Königswasserextrakt, DIN EN 13657 (01/2003)	DIN EN ISO 11885 (09/2009)	ICP - OES	0,01 mg/l	< 1 mg/kg		FBU	HBU
23	Wolfram	Boden	Königswasserextrakt	DIN ISO 22036 (07/2009)	ICP - OES				Forum-AU	FM-BA HBU
	Wolfram	Wasser, Schlamm, Sediment	Königswasserextrakt: DIN EN 13657 (01/2003)	DIN EN ISO 17294-2 (01/2017)	ICP-MS				Forum-AU	FM-BA HBU AbfKlärV FMA
24	Zink	Abfall		DIN EN ISO 15586 (02/2004)	ET-AAS			Bestimmungsverfahren nicht mehr gebräuchlich	solte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2	

Tab.II.6.1 Anorganische Analytik Feststoffe (einschließlich ölhaltige Abfälle)

Lfd. Nr.	Parameter	Materialtyp	Probenaufarbeitung	Verfahren	Kurzbeschreibung	UAG der Norm	UAG im Feststoff	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
	Zink	Abfall	DepV: DIN EN 13657 BioAbf: DIN EN 13650 (01/2002)	DIN EN ISO 11885 (04/1998) (09/2009)	ICP - OES	0,01 mg/l	< 1 mg/kg		sollte ersetzt werden durch: DIN ISO 22036	DepV, BioAbfV HBU AbfKlärV FMA
	Zink	Wasser, Schlamm, Sediment	BBodSchV: DIN ISO 11466 (06/1997)	DIN EN ISO 11885 (09/2009)	ICP - OES			Ersatzlos zurückgezogene Aufschluss-Norm (DIN ISO 11466)	sollte ersetzt werden durch: DIN ISO 22036	BBodSchV HBU FMA AbfKlärV
	Zink	Bioabfall	BioAbfV: DIN EN 13650 (01/2002)	DIN 38406 - E8 (10/2004)	AAS-Flamme	0,01 mg/l	< 1 mg/kg	Bestimmungsverfahren nicht mehr gebräuchlich	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2	BioAbfV FMA
	Zink	Abfall	DepV: DIN EN 13657 (01/2003)	DIN ISO 22036 (06/2006)	ICP - OES	0,005 mg/l	0,5 mg/kg		FBU, Forum-AU	HBU FM-BA DepV AbfKlärV FMA
	Zink	Bioabfall, Boden, Schlamm		DIN EN 16170 (01/2017)	ICP-OES				sollte ersetzt werden durch: DIN ISO 22036	AbfKlärV
	Zink	Boden, Bioabfall, Kompost		DIN EN 16171 (01/2017)	ICP-MS				sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2	AbfKlärV
	Zink	Abfall	BioAbfV: DIN EN 13650 (01/2002)	DIN EN ISO 17294-2 (02/2005) (01/2017)	ICP-MS	0,003 mg/l	< 0,1 mg/kg		FBU, Forum-AU	BodSchV HBU BioAbfV FMA FM-BA AbfKlärV

Tab.II.6.1 Anorganische Analytik Feststoffe (einschließlich ölhaltige Abfälle)

Lfd. Nr.	Parameter	Materialtyp	Probenaufarbeitung	Verfahren	Kurzbeschreibung	UAG der Norm	UAG im Feststoff	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
	Zink	Boden	DepV: DIN EN 13657 (01/2003) BioAbfV: DIN EN 13650 (01/2002)	DIN ISO 11047 (05/2003)	ET-AAS / Flamme		GR: < 0,1 mg/kg FL: < 1 mg/kg	Norm aus dem Bereich Bodenbeschaffenheit Bestimmungsverfahren nicht mehr gebräuchlich	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2	BBodSchV HBU FM-BA DepV BioAbfV FMA AbfKlärV

II.6.2 **Anorganische Analytik Eluate, Perkolate, Wässer**

Tab.II.6.2 Anorganische Analytik Eluate, Perkolate, Wässer

Lfd. Nr.	Parameter	Verfahren	Kurzbeschreibung	UAG der Norm [mg/l]	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
1	Ammonium-stickstoff	DIN EN ISO 11732 (05/2005)	Fließinjektionsanalyse (FIA bzw. CFA)	0,02	Verfahren mit Gasdiffusion favorisieren	Forum-AU	HBU
	Ammonium-stickstoff	DIN 38406 - E5 -1 (10/1983)	Photometrie	0,03	Störung bei gefärbten Eluaten		LAGA M20
	Ammonium-stickstoff	DIN EN ISO 14911 (12/1999)	Ionenchromatographie	0,1	UAG kann durch größere Probenschleife verbessert werden		
2	Antimon	DIN EN ISO 17294 - 2 (02/2000) (01/2017)	ICP - MS	0,0002		FBU, Forum-AU	BBodSchV HBU FM-BA DepV FMA
	Antimon	DIN 38405 - D32-2 (05/2000)	AAS-Hydrid	0,001	Hohe Matrixabhängigkeit		DepV FMA
	Antimon	DIN EN ISO 11969 (11/1996)	AAS-Hydrid				BBodSchV HBU
	Antimon	DIN 38405 - D32-1 (05/2005)	ET-AAS	0,01	Für niedrige Konzentrationen nicht anwendbar		
	Antimon	DIN EN ISO 15586 (02/2004)	ET-AAS	0,01			DepV FMA
	Antimon	DIN ISO 22036 (06/2009)	ICP - OES			FBU, Forum-AU	FM-BA FMA HBU DepV
	Antimon	DIN EN ISO 11885 (09/2009)	ICP - OES	0,1	Für niedrige Konzentrationen nicht anwendbar	sollte ersetzt werden durch: DIN ISO 22036 (06/2009)	BBodSchV HBU FM-BA FMA DepV

Tab.II.6.2 Anorganische Analytik Eluate, Perkolate, Wässer

Lfd. Nr.	Parameter	Verfahren	Kurzbeschreibung	UAG der Norm [mg/l]	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
	Antimon	DIN EN ISO 20280 (05/2010)	ET-AAS / Hydrid				FM-BA
3	Arsen	DIN ISO 22036 (06/2009)	ICP - OES			FBU, Forum-AU	FM-BA FMA
	Arsen	DIN EN ISO 17294 - 2 (02/2005) (01/2017)	ICP - MS	0,001		FBU, Forum-AU	BBodSchV HBU FM-BA DepV FMA
	Arsen	DIN EN ISO 11885 (09/2009)	ICP - OES	0,1	Für niedrige Konzentrationen nicht anwendbar	sollte ersetzt werden durch: DIN ISO 22036 (06/2009)	BBodSchV FM-BA FMA HBU DepV LAGA M20
	Arsen	DIN EN ISO 11969 (11/1996)	AAS-Hydridverfahren, Aufschluss mit H ₂ SO ₄ /H ₂ O ₂	0,001	Hohe Matrixabhängigkeit		BBodSchV HBU DepV, FMA LAGA M20
	Arsen	DIN EN ISO 22080 (05/2010)	ET-AAS / Hydrid			sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2	FM-BA
	Arsen	DIN EN ISO 15586 (02/2004)	ET-AAS			Sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2	DepV FMA
4	Barium	DIN EN ISO 17294 - 2 (02/2005) (01/2017)	ICP – MS	0,0005		FBU, Forum-AU	FMA HBU DepV

Tab.II.6.2 Anorganische Analytik Eluate, Perkolate, Wässer

Lfd. Nr.	Parameter	Verfahren	Kurzbeschreibung	UAG der Norm [mg/l]	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
	Barium	DIN ISO 22036 (06/2009)	ICP - OES			FBU, Forum-AU	HBU DepV FMA
	Barium	DIN EN ISO 11885 (09/2009)	ICP - OES	0,01		sollte ersetzt werden durch: DIN ISO 22036 (06/2009)	FMA HBU DepV
	Barium	DIN 38406 - E28 (05/1998)	AAS-Flamme	0,5	zurückgezogen	sollte ersetzt werden durch: DIN ISO 22036 (06/2009)	
	Barium	analog DIN EN ISO 5961-2 (05/1995)	AAS-Flamme (Lachgas-Acetylen)	0,1	Bestimmungsverfahren nicht mehr gebräuchlich	sollte ersetzt werden durch: DIN ISO 22036 (06/2009)	
	Barium	analog DIN EN ISO 5961- 3 (05/1995)	ET-AAS	0,5	Bestimmungsverfahren nicht mehr gebräuchlich	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2	
5	Blei	DIN ISO 22036 (06/2009)	ICP - OES			FBU, Forum-AU	HBU FM-BA DepV FMA
	Blei	DIN EN ISO 17294 - 2 (02/2005) (01/2017)	ICP - MS	0,0002		FBU, Forum-AU	BBodSchV FM-BA DepV FMA
	Blei	DIN ISO 15586 (02/2004)	ET-AAS		Bestimmungsverfahren nicht mehr gebräuchlich; sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2	FBU	HBU FM-BA DepV FMA

Tab.II.6.2 Anorganische Analytik Eluate, Perkolate, Wässer

Lfd. Nr.	Parameter	Verfahren	Kurzbeschreibung	UAG der Norm [mg/l]	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
	Blei	DIN 38406 – E 06-2 (07/1998)	ET-AAS	0,005	Bestimmungsverfahren nicht mehr gebräuchlich	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2	BBodSchV HBU LAGA M20
	Blei	DIN EN ISO 11885 (04/1998) (09/2009)	ICP - OES	0,2	Für niedrige Konzentrationen nicht anwendbar	sollte ersetzt werden durch: DIN ISO 22036 (06/2009)	BBodSchV HBU DepV LAGA M20 FMA
	Blei	DIN ISO 11047 (05/2003)	ET-AAS / Flamme	GR: 0,005 FL: 0,5	Norm beschreibt Messverfahren für Königswasserextrakte und nicht für Eluate; Bestimmungsverfahren nicht mehr gebräuchlich	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2	
6	Bor	DIN ISO 22036 (06/2009)	ICP - OES			FBU, Forum-AU	HBU
	Bor	DIN EN ISO 17294 - 2 (02/2005) (01/2017)	ICP - MS	0,01		FBU, Forum-AU	HBU
	Bor	DIN EN ISO 11885 (09/2009)	ICP - OES	0,01		Sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2 (01/2017)	HBU
7	Cadmium	DIN ISO 22036 (06/2009)	ICP - OES			FBU, Forum-AU	HBU FM-BA FMA DepV
	Cadmium	DIN EN ISO 17294 - 2 (02/2005) (01/2017)	ICP – MS	0,0005		FBU, Forum-AU	BBodSchV FM-BA FMA HBU DepV

Tab.II.6.2 Anorganische Analytik Eluate, Perkolate, Wässer

Lfd. Nr.	Parameter	Verfahren	Kurzbeschreibung	UAG der Norm [mg/l]	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
	Cadmium	analog DIN EN ISO 5961 (05/1995), Abschnitt 2	AAS-Flamme	0,05	Für niedrige Konzentrationen nicht anwendbar	sollte ersetzt werden durch: DIN ISO 22036 (06/2009)	
	Cadmium	analog DIN EN ISO 5961 (05/1995), Abschnitt 3	ET-AAS	0,0003		sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2	BBodSchV HBU LAGA M20
	Cadmium	DIN EN ISO 11885 (04/1998) (09/2009)	ICP – OES	0,01	Für niedrige Konzentrationen nicht anwendbar	sollte ersetzt werden durch: DIN ISO 17294-2 (01/2017)	BBodSchV HBU FM-BA DepV
	Cadmium	DIN EN ISO 15586 (02/2004)	ET-AAS		sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2	FBU	HBU FM-BA DepV FMA
	Cadmium	DIN ISO 11047 (05/2003)	ET-AAS / Flamme	GR: 0,003 FL: 0,05	Norm beschreibt Messverfahren für Königswasserextrakte und nicht für Eluate	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2	
8	Chlorid	DIN EN ISO 10304-1 (07/2009)	Ionenchromatographie	0,1		Forum-AU	DepV FMA HBU
	Chlorid	DIN 38405 - D1 - 1 (12/1985)	Maßanalyse	5	ungebräuchlich		FMA
	Chlorid	DIN 38405 - D1 - 3 (12/1985)	coulometrische Titration	10	Für Abfalleluat/-Perkolate ungeeignet ungebräuchlich		LAGA M20
	Chlorid	DIN EN ISO 10304-2 (11/1996)	Ionenchromatographie	0,1	Zurückgezogene Norm (ersetzt durch DIN EN ISO 10304-1 (07/09))		LAGA M20

Tab.II.6.2 Anorganische Analytik Eluate, Perkolate, Wässer

Lfd. Nr.	Parameter	Verfahren	Kurzbeschreibung	UAG der Norm [mg/l]	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
	Chlorid	DIN 38405-D1 -2 (12/1985)	potentiometrische Titration	7	ungebräuchlich		DepV
	Chlorid	DIN EN ISO 15682 (01/2002)	Fließanalyse (FIA,CFA)	1			DepV
9	Chrom	DIN ISO 22036 (06/2009)	ICP - OES			FBU, Forum-AU	HBU FM-BA DepV FMA
	Chrom	DIN EN ISO 17294 - 2 (02/2005) (01/2017)	ICP- MS	0,001		FBU, Forum-AU	BBodSchV HBU FM-BA FMA
	Chrom	DIN EN 1233 Abschnitt 3 (07/1996)	AAS-Flamme	0,5	Für niedrige Konzentrationen nicht anwendbar	sollte ersetzt werden durch: DIN ISO 22036 (06/2009)	BBodSchV HBU
	Chrom	DIN EN ISO 15586 (02/2004)	ET-AAS		sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO17294-2	FBU	HBU FM-BA FMA
	Chrom	DIN EN 1233 Abschnitt 4 (08/1996)	ET-AAS	0,004		sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2	LAGA M20
	Chrom	DIN EN ISO 11885 (04/1998) (09/2009)	ICP - OES	0,01		sollte ersetzt werden durch: DIN ISO 17294-2 (01/2017)	BBodSchV HBU LAGA M20 FMA
10	Chrom (VI)	DIN EN ISO 10304-3 (11/1996)	Ionenchromatographie	0,05 mg/l Chromat	Durch Elutionen/ Perkolatio- nen sind Minderbefunde mög- lich		HBU FMA AbfKlärV

Tab.II.6.2 Anorganische Analytik Eluate, Perkolate, Wässer

Lfd. Nr.	Parameter	Verfahren	Kurzbeschreibung	UAG der Norm [mg/l]	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
	Chrom (VI) ⁶	DIN EN ISO 18412 (02/2007)	Photometrie für gering belastetes Wasser	0,002	Matrixstörung durch reduzierende und oxidierende Stoffe		
	Chrom (VI) ⁶	DIN EN 15192 (02/2007)	IC/ICP-OES oder IC/ICP-MS oder Photometrie für Cr(VI)	0,002	Trennung und Bestimmung analog der Behandlung der Extraktionslösung gemäß DIN EN 15192 des Feststoffverfahrens	FBU, Forum-AU	
	Chrom (VI)	DIN 38405 - D24 (05/1997)	Photometrie	0,05	mangelnde Selektivität insbesondere bei gefärbten Eluaten, hohe Matrixabhängigkeit; durch Elutionen/ Perkolationen sind Minderbefunde möglich	<u>Sollte nicht mehr eingesetzt werden</u>	BBodSchV HBU FM-BA
11	Cyanid, gesamt und leicht freisetzbar	DIN 38405-13 (04/11)	Photometrie	0,01			BBodSchV HBU
	Cyanid, gesamt	DIN 38405-D13-1 (02/1981)	Photometrie	0,025	Wurde ersetzt durch DIN 38405-13 (04/11)		
	Cyanid, leicht freisetzbar	DIN 38405-D13-2 (02/1981)	Photometrie	0,02	Wurde ersetzt durch DIN 38405-13 (04/11)	Forum-AU	DepV FMA
	Cyanid, gesamt und leicht freisetzbar	DIN EN ISO 14403-2 (10/2012)	CFA	0,01	Unterscheidung zwischen freiem- und leicht freisetzbarem CN nicht möglich Beinhaltet die Vorgehensweise der „alten“ DIN EN ISO 14403 (07/2002)	Forum-AU	HBU

⁶ Die Chrom (VI)-Bestimmung in Eluaten wird durch Redoxeinflüsse des Elutions- bzw. Perkolationschritts verfälscht.

Tab.II.6.2 Anorganische Analytik Eluate, Perkolate, Wässer

Lfd. Nr.	Parameter	Verfahren	Kurzbeschreibung	UAG der Norm [mg/l]	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
	Cyanid, gesamt und leicht freisetzbar	DIN EN ISO 14403-1 (10/2012)	FIA	0,01		Forum-AU	BBodSchV HBU DepV FMA LAGA M20
12	Fluorid	DIN EN ISO 10304-1 (07/2009)	Ionenchromatographie	0,1	Störung durch organische Säuren	Forum-AU	BBodSchV HBU LAGA M20 DepV FMA
	Fluorid	DIN 38405 - D4 -1 (07/1985)	Direkte Bestimmung mit Ionenselektiver Elektrode	0,2	<u>Keine</u> Störung durch organische Säuren		BBodSchV HBU DepV, FMA LAGA M20
13	Kobalt	DIN EN ISO 17294 - 2 (02/2005) (01/2017)	ICP - MS	0,0002		Forum-AU	BBodSchV HBU FM-BA
	Kobalt	DIN ISO 22036 (06/2009)	ICP - OES	0,01		FBU, Forum-AU	HBU
	Kobalt	DIN 38406 - E24 -1 (03/1993)	AAS-Flamme	0,2	Bestimmungsverfahren nicht mehr gebräuchlich		
	Kobalt	DIN EN ISO 15586 (02/2004)	ET-AAS		Bestimmungsverfahren nicht mehr gebräuchlich	FBU	HBU FM-BA
	Kobalt	DIN 38406 – E24 - 2 (03/1993)	ET-AAS	0,005	Bestimmungsverfahren nicht mehr gebräuchlich		BBodSchV HBU
	Kobalt	DIN EN ISO 11885 (09/2009)	ICP - OES	0,01		sollte ersetzt werden durch: DIN ISO 17294-2 (01/2017)	BBodSchV FBU HBU FM-BA

Tab.II.6.2 Anorganische Analytik Eluate, Perkolate, Wässer

Lfd. Nr.	Parameter	Verfahren	Kurzbeschreibung	UAG der Norm [mg/l]	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
14	Kupfer	DIN ISO 22036 (06/2009)	ICP-OES			FBU, Forum-AU	HBU FM-BA FMA DepV
	Kupfer	DIN EN ISO 17294 - 2 (02/2005) (01/2017)	ICP-MS	0,001		FBU, Forum-AU	BBodSchV HBU FM-BA DepV FMA
	Kupfer	DIN 38406 - E7 -1 (09/1991)	AAS-Flamme	0,1	Bestimmungsverfahren nicht mehr gebräuchlich	sollte ersetzt werden durch: DIN ISO 22036 (06/2009)	BBodSchV HBU
	Kupfer	DIN 38406-E7-2 (09/1991)	ET-AAS	0,002	Bestimmungsverfahren nicht mehr gebräuchlich	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2	BBodSchV HBU LAGA M20
	Kupfer	DIN ISO 11047 (05/2003)	ET-AAS / Flamme	GR: 0,1 FL: 0,002	Norm beschreibt Messverfahren für Königswasserextrakte und nicht für Eluate	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2	DepV
	Kupfer	DIN EN ISO 11885 (04/1998) (09/2009)	ICP-OES	0,01		sollte ersetzt werden durch: DIN ISO 17294-2 (01/2017)	BBodSchV HBU FM-BA DepV FMA LAGA M20
	Kupfer	DIN EN ISO 15586 (02/2004)	ET-AAS		Bestimmungsverfahren nicht mehr gebräuchlich	FBU	HBU FM-BA FMA DepV
15	Mangan	DIN ISO 22036 (06/2009)	ICP-OES			Forum-AU	

Tab.II.6.2 Anorganische Analytik Eluate, Perkolate, Wässer

Lfd. Nr.	Parameter	Verfahren	Kurzbeschreibung	UAG der Norm [mg/l]	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
	Mangan	DIN EN ISO 17294 - 2 (02/2005) (01/2017)	ICP-MS	0,003		Forum-AU	
	Mangan	DIN EN ISO 11885 (09/2009)	ICP-OES	0,02			HBU
	Mangan	DIN 38406 - 33 (06/2000)	AAS-Flamme	0,1	Bestimmungsverfahren nicht mehr gebräuchlich		
	Mangan	DIN 38406 - 33 (06/2000)	ET-AAS	0,001	Bestimmungsverfahren nicht mehr gebräuchlich		
16	Molybdän	DIN ISO 22036 (06/2009)	ICP-OES			FBU, Forum-AU	HBU FM-BA DepV FMA
	Molybdän	DIN EN ISO 17294 - 2 (02/2005) (01/2017)	ICP-MS	0,0003		FBU, Forum-AU	BBodSchV DepV FMA
	Molybdän	DIN EN ISO 11885 (09/2009)	ICP-OES	0,03		sollte ersetzt werden durch: DIN ISO 17294-2 (01/2017)	BBodSchV HBU FM-BA DepV FMA
	Molybdän	DIN EN ISO 15586 (02/2004)	ET-AAS		Ungebräuchliches durch Memory-Effekte gekennzeichnetes Bestimmungsverfahren	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2	
17	Nickel	DIN ISO 22036 (06/2009)	ICP-OES			FBU, Forum-AU	HBU FM-BA FMA

Tab.II.6.2 Anorganische Analytik Eluate, Perkolate, Wässer

Lfd. Nr.	Parameter	Verfahren	Kurzbeschreibung	UAG der Norm [mg/l]	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
	Nickel	DIN EN ISO 17294 - 2 (02/2005) (01/2017)	ICP-MS			FBU, Forum-AU	HBU FM-BA DepV FMA
	Nickel	DIN 38406-E11 -1 (09/1991)	AAS-Flamme	0,2	Bestimmungsverfahren nicht mehr gebräuchlich		BBodSchV HBU
	Nickel	DIN 38406-E11 -2 (09/1991)	ET-AAS	0,005	Bestimmungsverfahren nicht mehr gebräuchlich		LAGA M20
	Nickel	DIN EN ISO 11885 (04/1998) (09/2009)	ICP-OES	0,002		sollte ersetzt werden durch: DIN ISO 17294-2 (01/2017)	BBodSchV HBU DepV FMA LAGA M20
	Nickel	DIN ISO 11047 (05/2003)	ET-AAS / Flamme	GR: 0,005 FL: 0,2	Norm aus dem Bereich Bodenbeschaffenheit		DepV
	Nickel	DIN EN ISO 15586 (02/2004)	ET-AAS		Bestimmungsverfahren nicht mehr gebräuchlich; sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2	FBU	HBU DepV FMA
18	Quecksilber	DIN EN ISO 12846 (08/2012)	Kaltdampf-AAS (SnCl ₂)		Ersetzt DIN EN 1483 und DIN EN 12338	Forum-AU	DepV FMA
	Quecksilber	DIN EN 1483, Absch.5 (07/2007)	Kaltdampf-AAS (NaBH ₄)	0,0001	Wurde ersetzt durch DIN EN ISO 12846 (08/2012)		BBodSchV HBU FMA DepV
	Quecksilber	DIN EN 12338 (10/1998)	AAS-Verfahren	0,00001	Zurückgezogen und ersetzt durch DIN EN ISO 12846 (08/2012)		AltholzV BioAbfV FMA
	Quecksilber	DIN ISO 16772 (04/2008)	Atomfluoreszenzverfahren (AFS)	0,00001			HBU FM-BA

Tab.II.6.2 Anorganische Analytik Eluate, Perkolate, Wässer

Lfd. Nr.	Parameter	Verfahren	Kurzbeschreibung	UAG der Norm [mg/l]	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
	Quecksilber	DIN EN ISO 17294 - 2 (02/2005) (01/2017)	ICP-MS		Verschleppung im Probenein- tragssystem möglich		
	Quecksilber	DIN EN ISO 13506 (04/2002)	Atomfluoreszenzverfahren (AFS)	0,00001	Wurde ersetzt durch DIN EN ISO 17852 (07/07)	FBU	
	Quecksilber	DIN EN ISO 17852 (07/2007)	Atomfluoreszenzverfahren (AFS)	0,00001	Neues Aufschluss-/ Konservierungsverfahren	FBU	DepV FMA HBU
19	Selen	DIN EN ISO 22036 (06/2009)	ICP-OES			FBU, Forum-AU	FMA HBU FM-BA DepV
	Selen	DIN 38405 - D23 - 2 (10/94)	AAS-Hydrid	0,001	Hohe Matrixabhängigkeit		DepV
	Selen	DIN EN ISO 17294 - 2 (02/2005) (01/2017)	ICP-MS			Forum-AU	BBodSchV HBU FM-BA FMA
	Selen	DIN 38405 – D23 -1 (10/1994)	ET-AAS	0,005			
	Selen	DIN EN ISO 11885 (09/2009)	ICP-OES	0,1	Für niedrige Konzentrationen nicht anwendbar	sollte ersetzt werden durch: DIN ISO 17294-2 (01/2017)	BBodSchV HBU DepV FMA
20	Sulfat	DIN EN ISO 10304-1 (07/2009)	Ionenchromatographie	0,1		Forum-AU	DepV FMA
	Sulfat	DIN 38405 - D5 - 2 (01/1985)	gravimetrisch, Fällung mit Bari- um-Ionen	20	Niedrigerer unterer Anwen- dungsbereich durch Eindamp- fen Bestimmungsverfahren nicht mehr gebräuchlich		LAGA M20

Tab.II.6.2 Anorganische Analytik Eluate, Perkolate, Wässer

Lfd. Nr.	Parameter	Verfahren	Kurzbeschreibung	UAG der Norm [mg/l]	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
	Sulfat	DIN EN ISO 10304-2 (11/1996) (01/2017)	Ionenchromatographie	0,1			LAGA M20
21	Tellur	DIN EN ISO 17294 - 2 (02/2005) (01/2017)	ICP - MS			Forum-AU	
22	Thallium	DIN EN ISO 17294 - 2 (02/2005) (01/2017)	ICP - MS	0,0002		FBU, Forum-AU	BBodSchV HBU
	Thallium	DIN EN ISO 22036 (07/2009)	ICP - OES		Für niedrige Konzentrationen nicht anwendbar	FBU, Forum-AU	HBU FM-BA
	Thallium	DIN 38406 - E16 (03/1990)	Voltametrie		Hohe Matrixabhängigkeit; Bestimmungsverfahren nicht mehr gebräuchlich		LAGA M20
	Thallium	DIN EN ISO 11885 (04/1998) (09/2009)	ICP - OES		Für niedrige Konzentrationen nicht anwendbar	sollte ersetzt werden durch: DIN ISO 17294-2 (01/2017)	BBodSchV HBU FM-BA LAGA M20
	Thallium	DIN 38406 - E26 (07/1997)	ET-AAS	0,002			LAGA M20
23	Thiosulfat	DIN EN ISO 10304-3 (11/1997)	Ionenchromatographie				
24	Uran	DIN EN ISO 17294 - 2 (02/2005) (01/2017)	ICP - MS			Forum-AU	
25	Vanadium	DIN ISO 22036 (06/2009)	ICP-OES	0,005		FBU, Forum-AU	HBU
	Vanadium	DIN EN ISO 17294 - 2 (02/2005) (01/2017)	ICP-MS	0,0001		FBU	HBU

Tab.II.6.2 Anorganische Analytik Eluate, Perkolate, Wässer

Lfd. Nr.	Parameter	Verfahren	Kurzbeschreibung	UAG der Norm [mg/l]	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
	Vanadium	DIN EN ISO 15586 (02/2004)	ET-AAS		Bestimmungsverfahren nicht mehr gebräuchlich; sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2	FBU	HBU FM-BA
	Vanadium	analog DIN EN ISO 5961 (05/95) Abschnitt 3	ET-AAS	0,005	Ungebräuchliches durch Memory-Effekte gekennzeichnetes Bestimmungsverfahren		
	Vanadium	DIN EN ISO 11885 (09/2009)	ICP-OES	0,01		sollte ersetzt werden durch: DIN ISO 17294-2 (01/2017)	HBU
26	Wolfram	DIN EN ISO 17294 - 2 (02/2005) (01/2017)	ICP-MS			Forum-AU	BBodSch FM-BA
	Wolfram	DIN ISO 22036 (06/2009)	ICP-OES	0,005		FBU, Forum-AU	FM-BA
27	Zink	DIN EN ISO 17294 - 2 (02/2005) (01/2017)	ICP-MS	0,001		Forum-AU	BBodSchV FM-BA FMA DepV
	Zink	DIN ISO 22036 (06/2009)	ICP-OES			FBU, Forum-AU	DepV FMA
	Zink	DIN 38406 – E8 -1 (10/1983)	AAS-Flamme mit Luft/ Acetylen	0,05	Neue Norm von 10/2004 Bestimmungsverfahren nicht mehr gebräuchlich	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2	BBodSchV HBU LAGA M20
	Zink	DIN EN ISO 11885 (09/2009)	ICP-OES	0,01		sollte ersetzt werden durch: DIN ISO 17294-2 (01/2017)	BBodSchV FM-BA HBU DepV FMA

Tab.II.6.2 Anorganische Analytik Eluate, Perkolate, Wässer

Lfd. Nr.	Parameter	Verfahren	Kurzbeschreibung	UAG der Norm [mg/l]	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
	Zink	DIN EN ISO 15586 (02/2004)	ET-AAS		Bestimmungsverfahren nicht mehr gebräuchlich; sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2	FBU	FM-BA HBU DepV FMA
	Zink	DIN ISO 11047 (05/2003)	ET-AAS / Flamme	GR: 0,005 FL: 0,05	Norm beschreibt Messverfahren für Königswasserextrakte und nicht für Eluate: Bestimmungsverfahren nicht mehr gebräuchlich	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2	

II.6.3 Nährstoffanalytik

Die Gehalte der Hauptnährstoffe Kalium und Phosphor werden in vielen Fällen unabhängig von ihrer tatsächlichen chemischen Bindungsform traditionell als Kaliumoxid (K_2O) bzw. Phosphorpentoxid (P_2O_5) angegeben. Sofern es sich bei den im Folgenden aufgeführten Methoden um Elementbestimmungen handelt, werden in dieser Methodensammlung unabhängig von der Nomenklatur der zu Grunde liegenden Normen und Verordnungen die Elementsymbole als Parameterbezeichnung verwendet.

Tab.II.6.3 Nährstoffanalytik

Lfd Nr.	Parameter	Material- typ	Probenauf- arbeitung	Verfahren	Kurzbe- schreibung	UAG der Norm [mg/l]	UAG im Feststoff [mg/kg]	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelun- gen (zitiert in:)
1	Basisch wirksame Stoffe als CaO	Klär- schlamm			Berechnung nach: % CaO = (50-x-2y)* 1,402					FMA
	Basisch wirksame Bestandtei- le	Klär- schlamm		Methode 4.5.1 Bd II.2 des Handbuchs der landwirtschaftlichen Versuchs- und Unter- suchungsmethodik (Methodenbuch); Best. der basisch wirksamen Bestandteilen in Hüt- tenkalk, Konverterkalk, Kalkdüngern aus [...] sowie organischen u. organisch- mineralischen Dünge- mitteln						FMA AbfKlärV
2	Kalium	Klär- schlamm	Königswasser- aufschluss: DIN ISO 11466	DIN ISO 22036 (06/2009)	ICP - OES		1		Forum-AU	HBU
	Kalium	Klär- schlamm	DIN EN 13346	DIN 38406-13 (07/1992)	AAS- Flamme (Luft- Acetylen)	1				
	Kalium	Klär- schlamm	Für Wasser	DIN ISO 9964-3 (08/1996)	Flammen- photometrie			Nur für Wasser geeignet		
	Kalium	Klär- schlamm	DIN EN 13346	DIN EN ISO 11885 (09/2009)	ICP - OES	0,07: radiale Pl.		Störelemente: Ar, Ba, Mg		HBU

Tab.II.6.3 Nährstoffanalytik

Lfd Nr.	Parameter	Material- typ	Probenauf- arbeitung	Verfahren	Kurzbe- schreibung	UAG der Norm [mg/l]	UAG im Feststoff [mg/kg]	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelun- gen (zitiert in:)
	Kalium	Klär- schlamm	DIN EN 13346	DIN EN ISO 17294-2 (02/2005) (01/2017)	ICP-MS			Aktuelle Normversion: DIN EN ISO 17294-2 Stand: (01/2017) U-Best möglich		
	K ₂ O gesamt	Klär- schlamm	Aus Königs- wasserauf- schluss	DEV E13 (5.Lfg68)	Flammen- AAS			Ersetzt durch DIN 38406 Teil 13 (07/92)	sollte ersetzt werden durch: DIN ISO 22036 (06/2009) und Umrechnung	
	K ₂ O gesamt	Klär- schlamm	Aus Königs- wasserauf- schluss	DIN 38406 Teil 13 (07/1992)	Flammen- AAS	1 mg/l	30		sollte ersetzt werden durch: DIN ISO 22036 (06/2009) und Umrechnung	
	K ₂ O gesamt	Klär- schlamm	Aus Königs- wasserauf- schluss	DIN 38 406 Teil 22 (03/1988)	ICP - OES			DIN 38406 - E22 durch DIN EN ISO 11885 ersetzt	sollte ersetzt werden durch: DIN ISO 22036 (06/2009) und Umrechnung	
	K ₂ O gesamt	Klär- schlamm	Aus Königs- wasserauf- schluss	DIN EN ISO 11885 (09/2009)	ICP - OES	0,1 mg/l	3		sollte ersetzt werden durch: DIN ISO 22036 (06/2009) und Umrechnung	HBU
	K ₂ O gesamt	Klär- schlamm	Aus Königs- wasserauf- schluss	DIN 38 406 Teil 3 (09/1982) (09/2009)	Komplex. Verfahren			Nicht geeignet für Wässer mit hohem Salzgehalt und Abwässer	sollte ersetzt werden durch: DIN ISO 22036 (06/2009) und Umrechnung	

Tab.II.6.3 Nährstoffanalytik

Lfd Nr.	Parameter	Material- typ	Probenauf- arbeitung	Verfahren	Kurzbe- schreibung	UAG der Norm [mg/l]	UAG im Feststoff [mg/kg]	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelun- gen (zitiert in:)
	K ₂ O pflvf.	Boden	Doppellactat- Auszug	Methodenhandbuch des VDLUFA Bd. I 1991, A 6.2.1.2	Flammen- Photometer, ICP - OES				solite ersetzt werden durch: DIN ISO 22036 (06/2009) und Umrechnung	
	K ₂ O pflvf.	Klär- schlamm, Bioabfall	DIN EN 13651 (01/2002)	Methodenhandbuch des VDLUFA Bd. I	Flammen- AAS				solite ersetzt werden durch: DIN ISO 22036 (06/2009) und Umrechnung	
3	Magnesium	Klär- schlamm	DIN EN 13346 (04/2001)	DIN EN ISO 17294-2 (02/2005) (01/2017)	ICP-MS	²⁴ Mg: 0,001	0,5	Aktuelle Normversion: DIN EN ISO 17294-2 Stand: (01/2017) U-Best möglich	Forum-AU	
	Magnesium	Klär- schlamm	Königswasser- aufschluss: DIN ISO 11466 (Zurückgezo- gene Norm)	DIN ISO 22036 (06/2009)	ICP - OES		1		Forum-AU	
	Magnesium	Klär- schlamm	DIN EN 13346 (04/2001)	DIN EN ISO 11885 (09/2009)	ICP - OES	0,01	1		Sollte ersetzt werden durch: DIN ISO 22036 (06/2009)	
	Magnesium	Klär- schlamm	DIN EN 13346 (04/2001)	DI EN ISO 7980 (07/2000)	Flammen- AAS				solite ersetzt werden durch: DIN ISO 22036 (06/2009)	
	Magnesium gesamt	Klär- schlamm	Aus Königs- wasserauf- schluss	DIN EN ISO 22036 (06/2009)	ICP - OES	0,1 mg/l	3		Forum-AU	

Tab.II.6.3 Nährstoffanalytik

Lfd Nr.	Parameter	Material- typ	Probenauf- arbeitung	Verfahren	Kurzbe- schreibung	UAG der Norm [mg/l]	UAG im Feststoff [mg/kg]	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelun- gen (zitiert in:)
	Magnesium gesamt	Klär- schlamm	Aus Königs- wasserauf- schluss	DIN 38 406 Teil 22 (03/1988)	ICP - OES			Zurückgezogene Norm	Sollte ersetzt werden durch: DIN ISO 22036 (06/2009)	
	Magnesium gesamt	Klär- schlamm	Aus Königs- wasserauf- schluss	DIN EN ISO 11885 (09/2009)	ICP - OES	0,1 mg/l	3		sollte ersetzt werden durch: DIN ISO 22036 (06/2009)	HBU
	Magnesium gesamt		Aus Königs- wasserauf- schluss	DIN EN ISO 7980 (07/2000)	Flammen- AAS	0,1 mg/l	3		sollte ersetzt werden durch: DIN ISO 22036 (06/2009)	
	Magnesium pflvf.	Boden	Calciumchlorid- Auszug	Methodenhandbuch des VDLUFA Bd. I 1991, A 6.2.4.1	Flammen- AAS				sollte ersetzt werden durch: DIN ISO 22036 (06/2009)	
	Magnesium pflvf.	Klär- schlamm, Bioabfall	DIN EN 13651 (01/2002)	Methodenhandbuch des VDLUFA Bd. I	Flammen- AAS			pflanzenverfügbare Gehal- te; Flammen-AAS veraltet		
4	Ammonium- stickstoff (NH ₄ -N)	Schlamm	Verdrängung mittels 2M KCL-Lsg.	DIN EN 14671 (09/2006)				Vorbehandlungsverfahren für DIN EN 13651	Forum-AU	
	Ammonium- stickstoff (NH ₄ -N)	Klär- schlamm, Bioabfall	DIN EN 13651 (01/2002)	DIN ISO 14255 (11/1998)	CFA		< 1		Forum-AU	HBU
	Ammonium- stickstoff (NH ₄ -N)	Klär- schlamm	Wasser	DIN 38406-5-2 (10/1983)	Maßanalyse				sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 11732 (05/2005)	FMA AbfKlärV

Tab.II.6.3 Nährstoffanalytik

Lfd Nr.	Parameter	Material- typ	Probenauf- arbeitung	Verfahren	Kurzbe- schreibung	UAG der Norm [mg/l]	UAG im Feststoff [mg/kg]	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelun- gen (zitiert in:)
	Ammonium- stickstoff (NH ₄ -N)	Klär- schlamm	Für Wasser und Abwasser	DIN 38 406 Teil 5 (10/1983)	a) Pho- tometr. Best. b) Maßana- lyse	a) 0,03 b) 0,5			sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 11732 (05/2005)	FMA AbfKlärV
5	Gesamt- Stickstoff (N _{ges.})	Klär- schlamm, Bioabfall		DIN EN 13654-1 (01/2002)	Modifiziertes Kjeldahl- Verfahren				Forum-AU	
	Gesamt- Stickstoff (N _{ges.})			DIN EN 13342 (01/2001)	Kjeldahl- Verfahren					FMA AbfKlärV
	Gesamt- Stickstoff (N _{ges.})	Klär- schlamm		DIN 19 684-4 (02/1977)	Destillati- onsverfah- ren			Ersetzt durch DIN ISO 11261 (05/97) ebd. auch zurückgezogen; Empfeh- lung Regelsetzer: DIN EN 16169 (11/2012)		
	Gesamt- stickstoff (TN _b)	Boden	Zerkleinerung <250µm	DIN ISO 13878 (11/1998)	Thermische Verbren- nung bei 900°C			Probenaufarbeitung er- fordert Anwendung der DIN 19747, die die zitierte DIN ISO 11464 ersetzt. Anwendbar auf org./ an- org. N-Verbindungen;		
6	Phosphor	Klär- schlamm	Königswasser- aufschluss: DIN EN 13346 (04/2001)	DIN EN ISO 11885 (09/2009)	ICP - OES	spektral- linienab- hängige Störan- fälligkeit			sollte ersetzt werden durch: DIN ISO 22036 (06/2009)	HBU
	Phosphor	Klär- schlamm	Königswasser- aufschluss: DIN EN 13346 (04/2001)	DIN EN ISO 17294-2 (09/2009) (01/2017)	ICP-MS	0,005				AbfKlärV FMA

Tab.II.6.3 Nährstoffanalytik

Lfd Nr.	Parameter	Material- typ	Probenauf- arbeitung	Verfahren	Kurzbe- schreibung	UAG der Norm [mg/l]	UAG im Feststoff [mg/kg]	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelun- gen (zitiert in:)
	Phosphor	Klär- schlamm	Königswasser- aufschluss: DIN EN 13346 (04/2001)		FIAS			ICP - OES-Bestimmung bevorzugen	solite ersetzt werden durch: DIN ISO 22036 (06/2009)	
	Phosphor	Klär- schlamm	Königswasser- aufschluss: DIN EN 13346 (04/2001)	DIN EN ISO 6878 (09/2004)	Photometr. Mit NH ₄ - Molybdat				solite ersetzt werden durch: DIN ISO 22036 (06/2009)	AbfKlärV FMA
	P ₂ O ₅ gesamt	Klär- schlamm	Königswasser- aufschluss:	DIN EN ISO 11885 (04/1998) (09/2009)	ICP - OES			P-Best.; nicht P ₂ O ₅ -Best.	solite ersetzt werden durch: DIN ISO 22036 (06/2009)	HBU
	P ₂ O ₅ gesamt	Klär- schlamm	Königswasser- aufschluss	DIN ISO 22036 (06/09)	ICP - OES	0,02		P-Best.; nicht P ₂ O ₅ -Best.	Forum-AU	
	P ₂ O ₅ pflvf.	Klär- schlamm, Bioabfall	DIN EN 13651 (01/2001)	Methodenhandbuch des VDLUFA Bd. I	Photomet- risch			P-Best.; nicht P ₂ O ₅ -Best.	Forum-AU	
	P ₂ O ₅ gesamt	Klär- schlamm	MPV:<0,1 mm; Aus Königs- wasserauf- schluss	DIN 38 414 Teil 12 (11/1986)	Photomet- risch; Best. von P in Schlämmen und Sedi- menten (eigent. Oxid. Auf- schluss)			P-Best.; nicht P ₂ O ₅ -Best.		
	P ₂ O ₅ pflvf. (pflanzen- verfügbar)	Boden	Doppelactat- Auszug	Methodenhandbuch des VDLUFA Bd. I 1991, A 6.2.1.2	Photomet- risch			P-Best.; nicht P ₂ O ₅ -Best.		

II.7 Organische Analytik

II.7.1 Abfallspezifische Grundlagen zur Untersuchung auf organische Stoffgruppen

PCB-Bestimmung und Gesamtgehaltsermittlung

Da die Bestimmung der insgesamt 209 Kongenere der PCB einen unverhältnismäßig hohen Aufwand darstellt, wurde Mitte der 80er Jahre durch das Bundesgesundheitsamt vorgeschlagen, Leitkongenere zu bestimmen und zu quantifizieren. Die Auswahl der Leitkongenere geschah seinerzeit nicht nach toxikologischen Gesichtspunkten, sondern aufgrund der hohen Konzentration und vergleichsweise guten Bestimmbarkeit dieser Kongenere - es sind die quantitativ bedeutendsten Bestandteile der industriellen PCB-Gemische.

Die in der Folgezeit geschaffenen und vorgeschriebenen Untersuchungsverfahren und -normen auf nationaler und europäischer Ebene wie z.B.:

Anhang 1, Nr. 1.3.3.1 AbfKlärV (1992-04)

DIN 51527-1 (1987-05)

DIN 38414 -20 (01/ 96)

DIN EN 12766 Teil 1 (2000-11)

greifen diesen Untersuchungsansatz auf.

Bei der Quantifizierungsregel machte man sich die Persistenz der PCB zunutze, die sich dahingehend äußert, dass auch sich in den PCB-haltigen Produkten die Kongenerenzusammensetzung der eingesetzten PCB-Mischungen nicht ändert. Durch Ermittlung des Anteils der Leitkongenere in den gebräuchlichen PCB-Gemischen wurde – ausgehend von der Zusammensetzung des PCB-Gemisches Arochlor 1254 - empirisch ein Faktor zur Ermittlung des Gesamtgehaltes aus der Konzentration der Leitkongenere festgelegt⁷. Er ist heute als LAGA-Faktor (Gesamtgehalt = Summe der Gehalte der Leitkongenere X 5) bekannt und gilt für eine Mischung der technischen Gemische Clophen A30, A50, und A60 im Verhältnis 2:1:1. Werden andere Mischungsverhältnisse von anderen Clophen-Produkten verwendet, so kann dieser Faktor zwischen 4,9 und 5,9 schwanken; der Faktor 5 stellt aber eine recht gute Näherung dar.

⁷ Die gemessenen 6 Leitkongenere nach Ballschmiter können zu einem Gesamt-PCB-Gehalt extrapoliert werden.
Gesamt-Arochlor 1254 = Summe der 6 Indikatorkongenere x 4,81

Soll also über die 6 Leitkongenere nach Ballschmiter-PCB der Gesamtgehalt an PCB in einer Feststoffprobe ermittelt werden, so ist die Summe dieser 6 Ballschmiter-Kongenere mit 5 zu multiplizieren⁸.

Dieser Faktor wurde bereits Ende der 80er Jahre in das nationale Recht übernommen⁹ und fand in der Folge auch Eingang in die europäische Normung: DIN EN 12766-2 (2001-12) Methode B. Diese Berechnung des PCB-Gesamtgehalts stellt auch heute noch geltendes Recht dar und ist insofern auch bei der auf dem Chemikalienrecht fußenden Einstufung von Abfällen als gefährlich/nicht gefährlich ausschlaggebend.

In den letzten Jahren ist deutlich gemacht worden, dass andere Kongenere (dioxinähnliche PCB) besser geeignet wären, die toxikologische Relevanz der PCB zu beschreiben. Es wurden Messprogramme aufgesetzt, die sowohl coplanare als auch orthosubstituierte PCB zum Untersuchungsgegenstand hatten. Die coplanaren PCB treten in den technischen Gemischen jedoch nur untergeordnet auf. Ihre Bestimmung wurde erst um die Jahrtausendwende durch Verbesserung der Untersuchungsverfahren und der damit verbundenen Erniedrigung der Bestimmungsgrenzen möglich.

Aufgrund der geringen Konzentrationen und da diese Kongenere zum Teil mit anderen Kongenere korrelieren, hat die Bestimmung der dioxinähnlichen PCB bisher kaum Eingang in die Normung im Umweltbereich gefunden.

Für die Untersuchung von Abfällen wurde im Rahmen der DIN EN 15308 (05/2008) festgelegt, dass PCB-118 zusätzlich zu den bisher verwendeten sechs Leitkongenere zu bestimmen ist. Es handelt sich dabei aber nicht um ein coplanares, sondern um ein mono-ortho-substituiertes PCB-Kongener, das in vergleichsweise hohen Konzentrationen vorliegen kann.

Aufgrund der Festlegungen in Nr. 3 des Anhangs zur Ratsentscheidung 33/2003/EG sind europäische Normen – also auch DIN EN 15308 - für die Untersuchung von Abfällen, die deponiert werden sollen, verbindlich anzuwenden. Der Verordnungsgeber hat diese Vorgabe mit der DepV in nationales Recht umgesetzt. Der Zuordnungswert ist in der DepV als einfache Summe der sieben zu bestimmenden Kongenere festgelegt.

⁸ Der Abfalltechnik-Ausschuss (ATA) der LAGA hat sich auf seiner Sitzung im Januar 2005 mit der Klärung des Verhältnisses der PCB-Bestimmung „nach DIN“ und der Angabe der Ergebnisse „nach LAGA“ befasst. Der ATA kommt hierbei zu dem Ergebnis: „Der ATA ist der Auffassung, dass der Grenzwert der PCB-Abfallverordnung sich auf den PCB-Gesamtgehalt bezieht. Der PCB-Gesamtgehalt ergibt sich aus der Summe der Gehalte der 6 PCB-Kongenere Nr. 28, 52, 101, 138, 153 und 180, multipliziert mit dem Faktor 5.“[12]; Der ATA der LAGA stellt auch fest, dass die Angabe des Ergebnisses für Untersuchungen gemäß Anhang 4 (Nr. 3.1.5) der DepV die Summierung der 6 PCB Kongenere nach Ballschmiter (nr. 28, 52, 101, 138, 153 u. 180) plus PCB 118 (Summe PCB₇ nach DepV) erfordert [19].

⁹ Unter 2.1 „Anwendung der DIN 51527“ der Bekanntmachung heißt es: „Die quantitative Bestimmung polychlorierter Biphenyle (PCB) erfolgt gaschromatographisch mittels Kapillarsäule und Elektronen-Einfang-Detektor nach DIN 51527 Teil1.“ Weiter: „Der PCB-Gesamtgehalt entspricht dem PCB-Bestimmungswert multipliziert mit dem Faktor 5.“

Die Änderung der Untersuchungsnorm in der DepV macht k e i n e Festlegung eines neuen Faktors zur Ermittlung des Gesamtgehaltes erforderlich, da die bisher zur „Quantifizierung nach LAGA“ ermittelten 6 Leitkongenere auch im Rahmen der DIN EN 15308 bestimmt werden. Bei der Berechnung des Gesamtgehaltes zur Bestimmung der Gefährlichkeit von Abfällen oder zur Prüfung, ob der Grenzwert der EU-POP-VO überschritten ist, wird das nach DIN EN 15308 zusätzlich zu bestimmende Kongener PCB-118 n i c h t mit berücksichtigt.

Tab.II.7.1;1: Toxizitätsäquivalentfaktoren für chlorierte Dibenzo-p-dioxine (PCDD), chlorierte Dibenzofurane (PCDF) und dioxinähnliche Polychlorierte Biphenyle

Verbindung	NATO/CCMS (I-TEF)	WHO 1998 TEF	WHO 2005 TEF ¹⁰
Chlorierte Dibenzo-p-dioxine			
2,3,7,8-TCDD	1	1	1
1,2,3,7,8-PeCDD	0,5	1	1
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0,1	0,1	0,1
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0,1	0,1	0,1
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0,1	0,1	0,1
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0,01	0,01	0,01
OCDD	0,001	0,0001	0,0003
Chlorierte Dibenzofurane			
2,3,7,8-TCDF	0,1	0,1	0,1
1,2,3,7,8-PeCDF	0,05	0,05	0,03
2,3,4,7,8-PeCDF	0,5	0,5	0,3
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0,1	0,1	0,1
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0,1	0,1	0,1
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0,1	0,1	0,1
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0,1	0,1	0,1
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0,01	0,01	0,01
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0,01	0,01	0,01
OCDF	0,001	0,0001	0,0003
Dioxinähnliche PCB			
Non-ortho substituierte PCBs			
PCB 77		0,0001	0,0001
PCB 81		0,0001	0,0003
PCB 126		0,1	0,1
PCB 169		0,01	0,03
Mono-ortho substituierte PCBs			
105		0,0001	0,00003
114		0,0005	0,00003
118		0,0001	0,00003
123		0,0001	0,00003
156		0,0005	0,00003
157		0,0005	0,00003
167		0,00001	0,00003
189		0,0001	0,00003

¹⁰ Änderungen der TEF in fett

Unter den organische Stoffgruppen sind die im Folgenden gelisteten Einzelverbindungen zu verstehen:

BTEX

Unter BTEX werden die im Folgenden gelisteten Verbindungen verstanden:

- Benzol
- Toluol (Methylbenzol)
- Ethylbenzol
- o-Xylol (1,2-Dimethylbenzol)
- m-Xylol (1,3-Dimethylbenzol)
- p-Xylol (1,4-dimethylbenzol)

Chlorbenzole

Unter Chlorbenzole werden die im Folgenden gelisteten Verbindungen verstanden:

- Chlorbenzol (C_6H_5Cl)
- 1,2-Dichlorbenzol ($C_6H_4Cl_2$)
- 1,3-Dichlorbenzol ($C_6H_4Cl_2$)
- 1,4-Dichlorbenzol ($C_6H_4Cl_2$)
- 1,2,3-Trichlorbenzol ($C_6H_3Cl_3$)
- 1,2,4-Trichlorbenzol ($C_6H_3Cl_3$)
- 1,2,5-Trichlorbenzol ($C_6H_3Cl_3$)
- 1,2,3,4-Tetrachlorbenzol ($C_6H_2Cl_4$)
- 1,2,3,5-Tetrachlorbenzol ($C_6H_2Cl_4$)
- 1,2,4,5-Tetrachlorbenzol ($C_6H_2Cl_4$)
- Pentachlorbenzol (C_6HCl_5)
- Hexachlorbenzol (C_6Cl_6)

Unter Chlorphenole werden die im Folgenden gelisteten Verbindungen verstanden:

- 2-Chlorphenol (C_6H_5OCl)
- 3-Chlorphenol (C_6H_5OCl)
- 4-Chlorphenol (C_6H_5OCl)

- 2,3-Dichlorphenol ($C_6H_4OCl_2$)
- 2,4-Dichlorphenol ($C_6H_4OCl_2$)
- 2,5-Dichlorphenol ($C_6H_4OCl_2$)
- 2,6-Dichlorphenol ($C_6H_4OCl_2$)
- 3,4-Dichlorphenol ($C_6H_4OCl_2$)
- 3,5-Dichlorphenol ($C_6H_4OCl_2$)

- 2,3,4-Trichlorphenol ($C_6H_3OCl_3$)
- 2,3,5-Trichlorphenol ($C_6H_3OCl_3$)
- 2,3,6-Trichlorphenol ($C_6H_3OCl_3$)
- 2,4,5-Trichlorphenol ($C_6H_3OCl_3$)
- 2,4,6-Trichlorphenol ($C_6H_3OCl_3$)
- 3,4,5-Trichlorphenol ($C_6H_3OCl_3$)
- 2,3,4,5-Tetrachlorphenol ($C_6H_2OCl_4$)
- 2,3,4,6-Tetrachlorphenol ($C_6H_2OCl_4$)
- 2,3,5,6-Tetrachlorphenol ($C_6H_2OCl_4$)
- 2,3,4,5,6-Pentachlorphenol (PCP) (C_6Cl_5OH)

HCH (Hexachlorcyclohexan)

Unter HCH-Gemisch (Hexachlorcyclohexan) werden die im Folgenden gelisteten Verbindungen verstanden:

- α -Hexachlorcyclohexan (α -HCH)
- β -Hexachlorcyclohexan (β -HCH)
- γ -Hexachlorcyclohexan (γ -HCH)

Die BBodSchV spricht nur von β -HCH oder HCH-Gemisch.

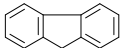
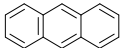
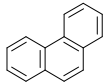
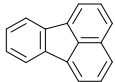
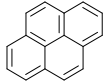
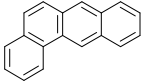
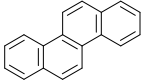
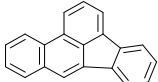
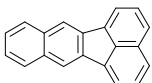
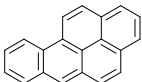
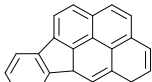
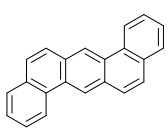
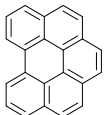
Es existieren 5 HCH-Isomere (Hexachlorcyclohexane): α -HCH, β -HCH, γ -HCH, δ -HCH, ϵ -HCH, wobei Lindan (γ -HCH) als Insektizid der bekannteste Vertreter ist. In Abhängigkeit vom Herstellungsprozess kann technisches HCH bis zu 70% α -HCH und 10% β -HCH enthalten. Sowohl relativ reines Lindan als auch technische Gemische unterschiedlicher Zusammensetzung wurden als Pflanzen- und Holzschutzmittel eingesetzt. Analytisch kann man alle 5 Isomere quantifizieren, δ -HCH und ϵ -HCH kommen aufgrund des geringen Anteils im Herstellungsprozess nur in geringen Konzentrationen vor.

Unter LHKW werden die im Folgenden gelisteten Verbindungen verstanden:

- Fluortrichlormethan
- 1,1,2-Trichlorfluorethan
- Dichlormethan
- Trichlormethan (Chloroform)
- Tetrachlormethan (Tetra)
- 1,1,1-Trichlorethan
- cis-1,2-dichlorethen
- trans-1,2-dichlorethen
- Trichlorethen (Tri)
- Tetrachlorethen (Per)
- Vinylchlorid (VC)
- Bromdichlormethan
- Dibromchlormethan
- Tribrommethan

Untersuchungen auf 16-EPA-PAK beinhalten auch die Bestimmung des „BaP“ (Benzo(a)pyren), das zur Stoffgruppe der 16-EPA-PAK zählt.

Tab.II.7.2;1: Summen- und Strukturformeln der 16-EPA-PAK

Lfd. Nr.	Verbindung	Summenformel	Strukturformel
1	Naphthalin	$C_{10}H_8$	
2	Fluoren	$C_{13}H_{10}$	
3	Acenaphthylen	$C_{12}H_8$	
4	Acenaphthen	$C_{12}H_{10}$	
5	Anthracen	$C_{14}H_{10}$	
6	Phenanthren	$C_{14}H_{10}$	
7	Fluoranthen	$C_{16}H_{10}$	
8	Pyren	$C_{16}H_{10}$	
9	Benz(a)anthracen	$C_{18}H_{12}$	
10	Chrysen	$C_{18}H_{12}$	
11	Benzo(b)fluoranthen	$C_{20}H_{12}$	
12	Benzo(k)fluoranthen	$C_{20}H_{12}$	
13	Benzo(a)pyren	$C_{20}H_{12}$	
14	Indeno(1,2,3-cd)pyren	$C_{22}H_{12}$	
15	Dibenz(a,h)anthracen	$C_{22}H_{14}$	
16	Benzo(ghi)perylene	$C_{22}H_{12}$	

PBDE- Einzelstoffe

Tab.II.7.2;2: PBDE-Kongenerere, die mit DIN ISO 22032 (07/2009) bestimmt werden können:

Nr.	Kongener	Formel	Abkürzung A*	Molare Masse [g/mol]
1	2,2',4,4'-Tetrabromdiphenylether	$C_{12}H_6Br_4O$	BDE-47	485,7950
2	2,2',4,4',5-Pentabromdiphenylether	$C_{12}H_5Br_5O$	BDE-99	564,6911
3	2,2',4,4',6-Pentabromdiphenylether	$C_{12}H_5Br_5O$	BDE-100	564,6911
4	2,2',4,4',5,6'-Hexabromdiphenylether	$C_{12}H_4Br_6O$	BDE-154	643,5872
5	2,2',4,4',5,5'-Hexabromdiphenylether	$C_{12}H_4Br_6O$	BDE-153	643,5872
6	2,2',3,4,4',5',6-Heptabromdiphenylether	$C_{12}H_3Br_7O$	BDE-183	722,4832
7	Decabromdiphenylether	$C_{12}Br_{10}O$	BDE-209	959,1714
*: A Bezeichnung analog der IUPAC-Nomenklatur für PCB				

CAS-Nr.	Kurzname	Verbindung/Bezeichnung	Strukturformel
41318-75-6	2,4,4TBDE	2,4,4'-Tribromdiphenylether	
5436-43-1	2,2,4,4TBDE	2,2',4,4'-Tetrabrombiphenylether	
189084-64-8	22446PBDE	2,2',4,4',6-Pentabrombiphenylether	
60348-60-9	22445PBDE	2,2',4,4',5-Pentabrombiphenylether	
207122-15-4	224456BDE	2,2',4,4',5,6'-Hexabrombiphenylether	
68631-49-2	224455BDE	2,2',4,4',5,5'-Hexabrombiphenylether	
1163-19-5	DEKABDE	2,2',3,3',4,4',5,5',6,6'-Decabrombiphenylether	
182346-21-0	22344PBDE	2,2',3,4',4-Pentabromdiphenylether	

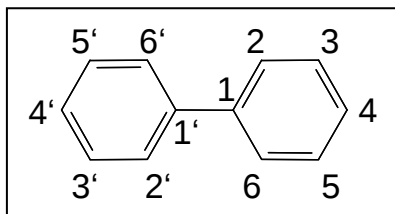


Abb.II.7.2;1: Zählweise zur Ermittlung der Stellung von Substituenten im Molekül am Beispiel Biphenyl

Die Aufstellung der korrekten Bezeichnung für PCB's bzw. PBDE's nach IUPAC erfolgt anhand der Stellung der Substituenten im Molekül. Hierbei ist die nachfolgend beschriebene Zählweise zugrunde (Abb.II.7.2;1) zu legen.

Tab.II.7.2;4: PCB-Congenere („6 Ballschmitter plus 1“)

Abkürzung	Verbindung	Strukturformel
PCB 28	2,4,4'-Trichlorbiphenyl	
PCB 52	2,2',5,5'-Tetrachlorbiphenyl	
PCB 101	2,2',4,5,5'-Pentachlorbiphenyl	
PCB 118	2,3',4,4',5-Pentachlorbiphenyl	
PCB 138	2,2',3,4,4',5'-Hexachlorbiphenyl	
PCB 153	2,2',4,4',5,5'-Hexachlorbiphenyl	
PCB 180	2,2',3,4,4',5,5'-Heptachlorbiphenyl	

PCDD/F

Siehe Auflistung in Abschnitt II.7.1 „Abfallspezifische Grundlagen zur Untersuchung auf organische Stoffgruppen“.

PFC

Unter den per- und polyfluorierten Chemikalien (PFC) werden die im Folgenden gelisteten Verbindungen verstanden:

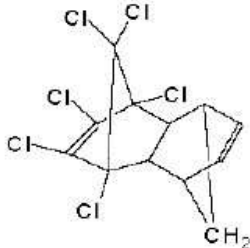
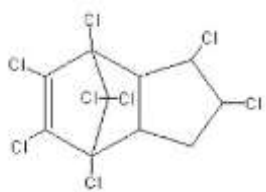
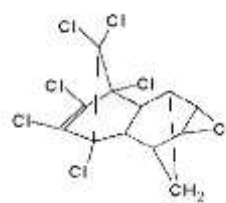
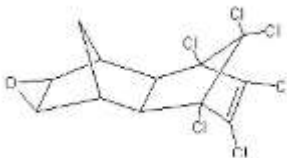
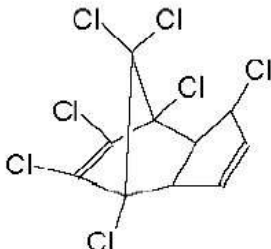
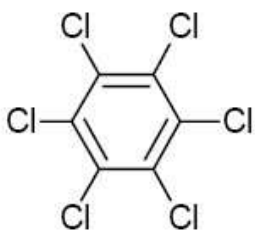
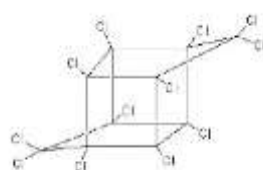
- | | |
|---|--|
| • Perfluorbutansäure | PFBA (C ₄ /F ₇) |
| • Perfluorpentansäure | PFPA (C ₅ /F ₉) |
| • Perfluorhexansäure | PFHxA (C ₆ /F ₁₁) |
| • Perfluorheptansäure | PFHpA (C ₇ /F ₁₃) |
| • Perfluoroctansäure | PFOA (C ₈ /F ₁₅) |
| • Perfluornonansäure | PFNA (C ₉ /F ₁₇) |
| • Perfluordecansäure | PFDA (C ₁₀ /F ₁₉) |
| • Perfluorundecansäure | PFUdA (C ₁₁ /F ₂₁) |
| • Perfluordodecansäure | PFDoA (C ₁₂ /F ₂₃) |
| | |
| • Perfluorbutansulfonsäure | PFBS (C ₄ /F ₉) |
| • Perfluorhexansulfonsäure | PFHxS (C ₆ /F ₁₃) |
| • Perfluorheptansulfonsäure | PFHPS (C ₇ /F ₁₅) |
| • Perfluoroctansulfonsäure | PFOS (C ₈ /F ₁₇) |
| • Perfluordecansulfonsäure | PFDS (C ₁₀ /F ₂₁) |
| • H ₄ -Polyfluoroctansulfonsäure | H ₄ PFOS (C ₈ /F ₁₃) |
| • Perfluoroctansulfonamid | PFOSA |

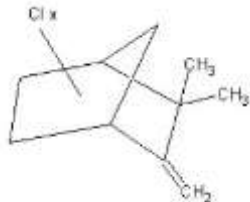
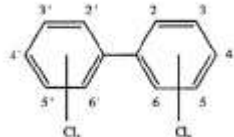
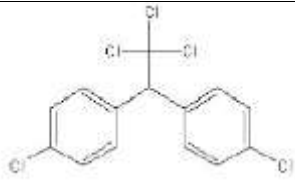
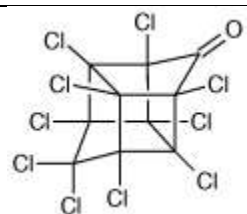
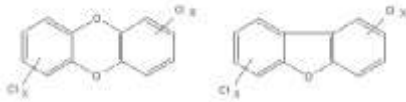
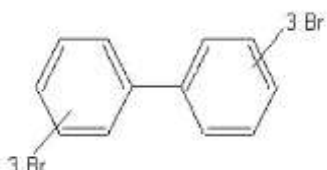
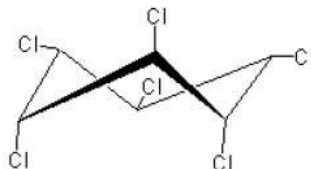
Phenole (Phenolkörper)

Unter Phenole werden die im Folgenden gelisteten phenolischen Verbindungen verstanden:

- Phenol
- 2-Methylphenol; 3-Methylphenol; 4-Methylphenol
- 2,3-Dimethylphenol; 2,4-Dimethylphenol; 2,5-Dimethylphenol; 2,6-Dimethylphenol;
3,4-Dimethylphenol; 3,5-Dimethylphenol
- 2-Ethylphenol; 3-Ethylphenol; 4-Ethylphenol
- 2,3,5-Trimethylphenol; 2,3,6-Trimethylphenol; 2,4,6-Trimethylphenol;
3,4,5-Trimethylphenol

Tab.II.7.2;5: Stoffliste der SHKW, die den Abfallwirtschaftsbestimmungen gemäß Artikel 7 der EU-POP-VO unterliegen

Verbindung/Bezeichnung	Formel
Aldrin $(1R,4S,5S,8R)$-1,2,3,4,10,10-Hexachlor-1,4,4a,5,8,8a-hexahydro-1,4:5,8-dimethanonaphthalin <i>Organochlor-Insektizid</i>	
Chlordan 1,2,4,5,6,7,8,8-Octachlor-2,3,3a,4,7,7a-hexahydro-4,7-methanoiden <i>Organochlor-Insektizid</i>	
Dieldrin $1R,4S,4aS,5R,6R,7S,8S,8aR$-1,2,3,4,10,10-Hexachlor-octahydro-6,7-epoxy-1,4:5,8-dimethanonaphthalin <i>Insektizid</i>	
Endrin 1,2,3,4,10,10-Hexachlor-6α,7α-epoxy-1,4,4aα,5,6,7,8,8aα-octahydro-1α,4α:5α,8α-dimethanonaphthalin <i>Insektizid</i>	
Heptachlor $(\pm)$-1,4,5,6,7,8,8-Heptachlor-3a,4,7,7a-tetrahydro-1H-4,7-methanoiden <i>Insektizid</i>	
Hexachlorbenzol <i>Fungizid</i>	
Mirex Dodecachlorpentacyclo A [5.2.1.0<2,6>.0<3,9>.0<5,8>]declo A [5.2.1.0<2,6>.0<3,9>.0<5,8>]decan <i>Organochlor-Insektizid</i>	

Verbindung/Bezeichnung	Formel
Toxaphen chloriertes Camphen (67–69% Chlor), auch unter dem Namen <i>Toxaphen</i> bekannt, empirische Zusammensetzung C ₁₀ H ₁₀ Cl ₈ , <i>Organochlor-Insektizid</i>	
Polychlorierte Biphenyle (PCB) <i>Industriechemikalie</i>	
DDT "p,p'-Dichlor-2,2-diphenyl-1,1,1-trichlorethan" [1,1,1-Trichlor-2,2-bis(4-chlorphenyl)ethan], <i>Insektizid</i>	
Chlordecon C ₁₀ Cl ₁₀ O <i>Organochlor-Insektizid</i>	
Dioxine/Furane PCDD/PCDF	
Hexabrombiphenyl <i>Industriechemikalie</i>	
HCH, Lindan Hexachlorcyclohexan <i>Organochlor-Insektizid</i>	

DDT

DDT wurde als Insektizid eingesetzt. Das kommerzielle Produkt besteht aus den Isomeren p,p'-DDT (ca. 77%), o,p'-DDT (ca. 15%) und den Abbauprodukten DDE und DDD. In der Umwelt wird DDT teilweise abgebaut, wobei als Hauptmetabolit p,p'-DDE entsteht. Unter DDT werden DDT und die dazugehörigen Metabolite verstanden:

- p,p'-DDT 1,1,1-Trichlor-2,2-bis(4-chlorophenyl)ethan
- o,p'-DDT 1,1,1-Trichloro-2-(2-chlorophenyl)-2-(4-chlorophenyl)ethan
- p,p'-DDE 1,1-bis(4-chlorophenyl)-2,2-dichloroethen
- o,p'-DDE 2-(2-Chlorophenyl)-2-(4-chlorophenyl)-1,1-dichloroethen
- p,p'-DDD 1,1-Dichloro-2,2-bis(4-chlorophenyl)ethan
- o,p'-DDD 1-(2-Chlorophenyl)-1-(4-chlorophenyl)-2,2-dichloroethan

Unter Sprengstofftypischen Verbindungen werden die im Folgenden gelisteten Verbindungen verstanden; alle Einzelstoffe sind auf Basis der DIN ISO 11916-1 mittels HPLC analysierbar. Nur die mit * gekennzeichneten Verbindungen sind auch mittels GC auf Basis der DIN ISO 11916-2 analysierbar.

- 2-Nitrotoluol*
- 3-Nitrotoluol*
- 4-Nitrotoluol*
- 2,4-Dinitrotoluol*
- 2,6-Dinitrotoluol*
- 2,4,6-Trinitrotoluol*
- 2-Amino-4,6-Dinitrotoluol*
- 4-Amino-2,6-Dinitrotoluol*
- Nitropenta (PETN)
- Hexogen
- 2,4,6-Trinitrotoluol (Pikrinsäure)
- Nitrobenzol
- 1,3-Dinitrobenzol
- 1,3,5-Trinitrobenzol*
- Hexanitrodiphenylamin (Hexyl)
- N-Methyl-N-2,4,6-tetranitroanilin
- Oktogen (HMX)

Unter NSO-Heterocyclen werden die im Folgenden gelisteten Verbindungen verstanden, die in der Regel für Abfalluntersuchungen keine Relevanz besitzen.

- Chinolin
- Isochinolin
- Acridin
- Carbazol
- 2-Methyl-Chinolin
- 6-Methylchinolin
- 7-Methyl-Chinolin
- 2,4-Dimethyl-Chinolin
- 2,6-Dimethyl-Chinolin
- Benzothiophen
- Dibenzothiophen
- 2-Methylbenzothiophen
- 3-Methylbenzothiophen
- 5-Methylbenzothiophen
- Benzofuran
- 2-Methylbenzofuran
- 3-Methylbenzofuran
- 2,3-Dimethylbenzofuran
- Cumarin
- Dibenzofuran
- 2-Methyldibenzofuran
- Xanthen

Pflanzenschutzmittelwirkstoffe (Triazine/Flazasulfuron)

Die folgende Wirkstoffe / Metabolite wurden/werden häufig eingesetzt:

Glyphosat (Abbauprodukt: Aminomethylphosphonsäure (AMPA)), Atrazin, Bromacil, Diuron, Hexazinon, Simazin, Desethylatrazin, Dimefuron, Ethidimuron, 2,6-Dichlorbenzamid, Terbutylazin, Flumioxazin und Flazasulfuron.

II.7.3 Organische Analytik Feststoffe

Um organische Verbindungen in Feststoffproben analysieren zu können, ist es notwendig, diese mit einem geeigneten Lösungsmittel aus dem Feststoff zu extrahieren. Die Extraktion des Analyten soll **möglichst vollständig** sein. Die Wahl des Lösungsmittels ist von den zu bestimmenden Analyten und von der Extraktionsmethode abhängig. Als Faustregel gilt, dass unpolare Verbindungen, wie PCBs und Polychlorierte Dioxine und Furane in unpolaren Lösungsmitteln, wie n-Hexan und Toluol, polare Analyten in polaren Lösungsmitteln (z.B. Methanol) extrahierbar sind. Allerdings spielt hier auch der Feuchtigkeitsgrad der Feststoffprobe eine Rolle. Feldfeuchte Proben werden häufig mit polar/unpolaren Lösungsmitteln extrahiert (z.B. Aceton/Hexan).

Tab.II.7.3 Organische Analytik Feststoffe

Lfd. Nr.	Parameter	Materialtyp	Verfahren	Probenaufarbeitung	Validierung	Kurzbeschreibung	UAG der Norm	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
1	BTEX	Abfall, Altlasten-/ Bodenmaterial	DIN EN ISO 22155 (07/2016)	Extraktion unbehandelter feldfrischer Bodenproben mit Methanol durch Schütteln und Überführung in Wasser	ja	Bodenbeschaffenheit – GC-Bestimmung flüchtiger aromatischer Kohlenwasserstoffe, Halogenkohlenwasserstoffe und ausgewählter Ether - Statische HSGC	Boden: für flüchtige aromatische KW liegt die BG mit GC-FID bei 0,2 mg/kg; für aliphatische Ether liegt die BG bei 0,5 mg/kg mit GC-FID	Störung der HSGC durch lipophile Substanzen (z.B. MKW/Tenside), wodurch die Verteilung der Analyten zwischen Dampfraum und fl. Phase gestört wird. Hierbei sollte die fl. Phase z.B. auf Basis der DIN EN ISO 10301 mit Pentan extrahiert werden und mittels GC-MS analysiert werden. Überschichtung der Probe vor Ort. Kann nur bei feinkörnigem Feststoff angewandt werden. Material darf nicht zerkleinert/homogenisiert werden. Bei grobstückigem Material an den Einzelfall anpassen.	FBU, Forum-AU	HBU FM-BA DepV FMA

Tab.II.7.3 Organische Analytik Feststoffe

Lfd. Nr.	Parameter	Materialtyp	Verfahren	Probenaufarbeitung	Validierung	Kurzbeschreibung	UAG der Norm	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
	BTEX	Abfall, Altlasten-/ Bodenmaterial	Handbuch Altlasten, Bd. 7, T. 4 (2000) („HLUG-Methode“)	In situ-Extraktion mit Methanol. Überführung in Wasser.	ja	Best. von BTEX in Feststoffen aus dem Altlastenbereich. Übersichtung der Probe mit Methanol vor Ort. Überführung des Extraktes in Wasser. Anschließend Analysen nach Verfahren der Wasseranalytik a) Extraktion mit Pentan; b) statischer Dampfraum; c) Dynamischer Dampfraum; d) SPME	Bodenmaterial: Unterer Arbeitsbereich: 1 mg/kg GC-FID	Nicht direkt anwendbar auf grobstückiges Material. Material darf nicht zerkleinert/ homogenisiert/ getrocknet werden. Ggf. Gefäßdimensionierung, Einwaagen und Extraktionsvolumina an die Stückigkeit der Materialien anpassen. Als einzige beschriebene Methode trägt dieses Verfahren der Flüchtigkeit der Analyten durch die definierte Beschreibung der Probenahme Rechnung. Die überschichteten Proben sind über einen längeren Zeitraum (> 10 Tage) stabil. Das Verfahren bietet die Möglichkeit matrixbedingte Störungen wie beispielsweise lipophile Substanzen oder Detergentien zu umgehen. Mit diesem Verfahren können einkernige Aromaten bis hin zum Naphthalin auch untersucht werden. Das Verfahren ist auch zur Untersuchung von LHKW geeignet. Antiklopfmittel (Ether, z.B. MTBE) können auch bestimmt werden.	Sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 22155 (07/2016)	DepV, FMA LAGA M20
	BTEX	Altlasten-/ Bodenmaterial	DIN 38407-9 (05/1991)		Ja, für Wasseruntersuchungen	Bestimmung von Benzol und einigen Derivaten mittels GC	Wasser: ca. 1 µg/l	Wassernorm für Feststoffe ungeeignet. Der in der Norm zitierte PID-Detektor ist ausschließlich in Verbindung mit der „HLUG-Methode“/DIN ISO 22155 zu verwenden!!! „F9“ ist nur i.d. Wasseranalytik anzuwenden; ungeeignet für Feststoffuntersuchungen, da nicht belastbare Ergebnisse erzielt werden.		VersatzV, DepV, FMA FBU

Tab.II.7.3 Organische Analytik Feststoffe

Lfd. Nr.	Parameter	Materi- altyp	Verfahren	Probenauf- arbeitung	Vali- die- rung	Kurzbeschreibung	UAG der Norm	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
	BTEX	Altlasten-/ Bodenmaterial	DIN EN ISO 15009 (06/2013) (07/2016)	Extraktion unbehandel- ter feldfri- scher Bo- denproben mit Metha- nol durch Schütteln und Über- führung in Wasser	ja, aber nur für auf- ge- stock- tes Me- thanol	Bodenbeschaffen- heit – GC Bestim- mung des Anteils an flüchtigen aromati- schen Kohlenwas- serstoffen, Naphtha- lin und flüchtigen Halogenwasserstof- fen; Thermische Desorption nach Ausblasen und Sammeln auf Ad- sorbens	Boden: flüchtige aromatische KW und Naphthalin: 0,1 mg/kg;	Probennahme nach 10381-1 und - 2 unzulänglich. Flüchtige aromatische Kohlenwas- serstoffe und Naphthalin: Vorge- schriebene Probennahme nach 10381-1 und -2 ungeeignet; Extrak- tion mit Methanol	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 22155 (07/2016)	HBU
2	Chlor- pheno- le	Boden	DIN ISO 14154 (06/1998) (12/2005)	Extraktion mittels Ace- ton/Hexan und Ultra- schall; Deri- vatisierung durch Acety- lierung	ja	Derivatisierung durch Acetylierung GC-ECD	0,01 bis 0,05 mg/kg je Chlorphenol	GC-MS anwendbar	FBU, Forum-AU	BBodSchV HBU FMA
3	Chlor- pestizi- de (OCP)	Boden	DIN ISO 10382 (02/1998) (05/2003)	Extraktion mittels Ace- ton/Petroleth er im Soxh- let oder und Schüttelex- traktion	ja	GC-FID GC-ECD	0,1 bis 4 µg/kg; substanzabhängig	Norm-Entwurf (E- DIN ISO 10382) ist in BBodSchV zitiert. GC-MS anwendbar; Geeignete interne Standards sollten einge- setzt werden. Hohe MKW-Gehalte können GC- MS Detektion stören.	FBU, Forum-AU	BBodSchV HBU

Tab.II.7.3 Organische Analytik Feststoffe

Lfd. Nr.	Parameter	Materialtyp	Verfahren	Probenaufarbeitung	Validierung	Kurzbeschreibung	UAG der Norm	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
4	DDT	Boden/ Sediment	DIN ISO 10382 (05/2003)	Extraktion mit Aceton/Petrol-ether GC-ECD und Schüttel-extraktion	ja	GC-ECD	0,1 bis 4 µg/kg; substanzabhängig	GC-MS anwendbar; Geeignete interne Standards sollten eingesetzt werden. Hohe MKW-Gehalte können bei GC-MS Detektion stören	FBU, Forum-AU	HBU
5	2,6-Dinitro-toluol	Altlastenmaterial	DIN ISO 11916-1 (11/2014)	Extraktion mit Acetonitril oder Methanol und Ultraschall, Schütteln, Soxhlet oder PLE	ja	HPLC-Verfahren HPLC-UV	0,1 bis 1 mg/kg; substanzabhängig		FBU, Forum-AU	FM-BA HBU
6	2,4-Dinitro-toluol	Altlastenmaterial	DIN ISO 11916-1 (11/2014)	Extraktion mit Acetonitril oder Methanol und Ultraschall, Schütteln, Soxhlet oder PLE	ja	HPLC-Verfahren HPLC-UV	0,1 bis 1 mg/kg; substanzabhängig		FBU, Forum-AU	FM-BA HBU

Tab.II.7.3 Organische Analytik Feststoffe

Lfd. Nr.	Parameter	Materialtyp	Verfahren	Probenaufarbeitung	Validierung	Kurzbeschreibung	UAG der Norm	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
7	2,6-Dinitro- toluol	Altlastenmaterial	DIN ISO 11916-2 (11/2014)	Extraktion mit Acetonitril oder Methanol und Ultraschall, Schütteln, Soxhlet oder PLE und Umlösen in Toluol	ja	GC-Verfahren GC-MS oder GC-ECD			FBU, Forum-AU	FM-BA HBU
8	2,4-Dinitro- toluol	Altlastenmaterial	DIN ISO 11916-2 (11/2014)	Extraktion mit Acetonitril oder Methanol und Ultraschall, Schütteln, Soxhlet oder PLE und Umlösen in Toluol	ja	GC-Verfahren GC-MS oder GC-ECD			FBU, Forum-AU	FM-BA HBU
9	LHKW	Abfall, Altlasten-/Bodenmaterial	DIN EN ISO 22155 (07/2016)	Extraktion unbehandelter feldfrischer Boden mit Methanol durch Schütteln und Überführung in Wasser	ja	GC-Bestimmung flüchtiger Halogenkohlenwasserstoffe und ausgewählter Ether - Statisches Dampfraum-Verfahren; GC-MS	Boden: BG: 0,01 – 0,2 mg/kg mit GC-ECD	Überschichtung der Probe vor Ort. Material darf nicht zerkleinert / homogenisiert werden. Bei grobstückigem Material an den Einzelfall anpassen. Für Proben, die mit lipophilen Substanzen belastet sind, ist dieses Bestimmungsverfahren ungeeignet. Verfahren zur Probengewinnung bei sehr grobstückigen Abfällen ungeeignet.	FBU, Forum-AU	DepV FM-BA HBU

Tab.II.7.3 Organische Analytik Feststoffe

Lfd. Nr.	Parameter	Materialtyp	Verfahren	Probenaufarbeitung	Validierung	Kurzbeschreibung	UAG der Norm	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
	LHKW	Altlasten-/ Bodenmaterial	DIN EN ISO 15009 (06/2013)	Extraktion unbehandelter feldfrischer Bodenproben mit Methanol durch Schütteln und Überführung in Wasser	ja, aber nur für aufgestocktes Methanol	GC- Bestimmung des Anteils an flüchtigen aromatischen Kohlenwasserstoffen, Naphthalin und flüchtigen Halogenwasserstoffen; Thermische Desorption nach Ausblasen und Sammeln auf einem Adsorbens	Boden: Untere Anwendungsgrenze: 0,01 mg/kg mit GC-ECD	Probennahme nach 10381-1 und -2 unzulänglich. Probengewinnung ungeeignet; Mangelhafte Validierung (Verfahren nicht an Feststoff, sondern lediglich an einer aufgestockten methanolischen Lösung validiert, d.h. ohne PV)		
	LHKW	—	DIN EN ISO 10301 (08/1997)		ja	Wasserbeschaffenheit: Bestimmung leichtflüchtiger halogenierter Kohlenwasserstoffe – Gaschromatographische Verfahren	BG substanzabhängig in wässrigen Medien von 0,01 bis 200 µg/l	a) Für Feststoffe ungeeignet	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 22155 (07/2016)	VersatzV HBU

Tab.II.7.3 Organische Analytik Feststoffe

Lfd. Nr.	Parameter	Materialtyp	Verfahren	Probenaufarbeitung	Validierung	Kurzbeschreibung	UAG der Norm	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
	LHKW	Altlasten-/ Bodenmaterial	Handbuch Altlasten, Bd. 7, T. 4 (Stand: 2000); („HLUG-Methode“)	In situ-Extraktion mit Methanol. Überführung in Wasser.	ja	Überschichtung der Probe mit Methanol vor Ort. Überführung des Extraktes in Wasser. Anschließend Analysen nach beschriebenen Verfahren der Wasseranalytik a) Extraktion mit Pentan; b) statischer Dampfraum; c) dynamischer Dampfraum; d) SPME	Boden: Unterer Arbeitsbereich 0,02 – 1,0 mg/kg mit GC-ECD abhängig von der Arbeits-technik, Detektion und Einzelverbindung	Nicht direkt anwendbar auf grobstückiges Material. Material darf nicht zerkleinert/ homogenisiert/getrocknet werden. Ggf. Gefäßdimensionierung, Einwaagen und Extraktionsvolumina an die Stückigkeit der Materialien an den Einzelfall anpassen. Als einzige beschriebene Methode trägt dieses Verfahren der Flüchtigkeit der Analyten durch die definierte Beschreibung der Probenahme Rechnung. Die überschichteten Proben sind über einen längeren Zeitraum (> 10 Tage) stabil. Das Verfahren bietet die Möglichkeit matrixbedingte Störungen wie beispielsweise lipophile Substanzen oder Detergentien zu umgehen.	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 22155 (07/2016)	LAGA M20 DepV
10	MKW	Abfall, Boden-/ Altlastenmaterial	LAGA KW/04 (11/2009) In Verbindung mit DIN EN 14039	Extraktion mit Aceton/Heptan durch Schütteln	nein* (s. Bemerkung)	Bestimmung des Gehaltes an Kohlenwasserstoffen in Abfällen - Untersuchungs- und Analysenstrategie	Abfall, Boden und Altlastenmaterial in Verbindung mit DIN EN 14039, DIN ISO 16703: kein Anwendungsbereich definiert	*Die LAGA KW/04 besitzt auch den Charakter einer Informationsschrift für die Untersuchung auf KW's unter Rückgriff auf bestehende Richtlinien und Normen; sie präzisiert die DIN EN 14039 für die Vollzugspraxis; sie sollte eingesetzt werden in Verbindung mit den darin zitierten, validierten Normen.	FBU, Forum-AU	FM-BA DepV FMA

Tab.II.7.3 Organische Analytik Feststoffe

Lfd. Nr.	Parameter	Materialtyp	Verfahren	Probenaufarbeitung	Validierung	Kurzbeschreibung	UAG der Norm	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
	MKW	Abfall	DIN EN 14039 (01/2005) In Verbindung mit LAGA KW/04 (11/2009)	Extraktion mit Aceton/n-Heptan durch Schütteln/Ultraschall	ja	Charakterisierung von Abfällen - Bestimmung des Gehalts an Kohlenwasserstoffen von C ₁₀ bis C ₄₀ mittels Gaschromatographie	Abfall: Anwendungsbereich von 100 mg/kg bis 10.000 mg/kg	Hohe Konzentration (> 10.000 mg/kg) an tierischen- und pflanzlichen Fetten und Ölen beeinträchtigen die Bestimmung des KW-Gehalts Für den Vollzug nicht geeignet und wird für den Vollzug durch KW/04-Richtlinie präzisiert. DIN EN 14039 nicht Vollzugspraxistauglich; LAGA KW/04 ist in Verbindung mit den darin zitierten Normen und Präzisierungen anzuwenden.		LAGA M20 VersatzV DepV HBU
	MKW	Boden-/ Altlastenmaterial	DIN ISO 16703 (12/2005) In Verbindung mit LAGA KW/04 (11/2009)	Extraktion von originalfeuchtem Boden mit Aceton/n-Heptan durch Schütteln/ Ultraschall	ja	GC-Bestimmung des Gehalts an Kohlenwasserstoffen von C ₁₀ bis C ₄₀ ,	Boden: Anwendungsbereich 100 – 10.000 mg/kg TM, kann für niedrigere Nachweisgrenzen angepasst werden	Wenn Bodenproben nach dieser Norm analysiert werden, können die Untersuchungsergebnisse für die Beurteilung im Abfallbereich für die Entsorgung herangezogen werden, da die 16037 inhaltlich identisch mit der 14039 ist. Strategie der LAGA KW/04 ist zu beachten.	FBU	FM-BA HBU
	MKW	Boden-/Altlastenmaterial	DIN EN ISO 16558-1 (12/2015)			Bestimmung von aliphatischen und aromatischen Fraktionen leicht flüchtiger MKW mittels HSGC		Konkretisiert DIN ISO 16703 u. a. durch Kombination mit den Ansätzen der DIN ISO 22155 Bestimmung von: n-Alkanen zwischen C ₅ H ₁₂ und C ₁₀ H ₂₂ , Isoalkanen, Cycloalkanen, BTEX, und Di- und Trialkylbenzol-Verbindungen als leicht flüchtige Gesamt-Mineralölkohlenwasserstoffe C ₅ bis C ₁₀ .	FBU	HBU

Tab.II.7.3 Organische Analytik Feststoffe

Lfd. Nr.	Parameter	Materialtyp	Verfahren	Probenaufarbeitung	Validierung	Kurzbeschreibung	UAG der Norm	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
11	PAK (inkl. BaP)	Boden, Schlamm, Bauschutt, Bitumen, Bitumenhaltiger Abfall	DIN EN 15527 (09/2008)	Trocknen oder Originalsubstanz; Extraktion (Schütteln, Ultraschall, Soxhlet); verschiedene Lösungsmittel oder Lösungsmittelgemische; Extrakteinigung, zwei verschiedene Extraktreinigungen	Ja	Bestimmung von polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) in Abfall mittels GC/MS	0,01 mg/kg je Einzelsubstanz bzw. 0,1 mg/kg Summe der 16 PAK	Keine Abtrennung von MKW beschrieben, daher Störung bei höheren MKW-Konzentrationen möglich a) Problematischer Clean-up; die Extrakteinigung mit Aluminiumoxid führt zu quantitativen Verlusten der PAK. Verluste von Naphthalin durch Trocknung, Probenvorbereitung unbrauchbar bei kunststoffhaltigen Abfällen, da mit Aceton extrahiert wird. b) zitierte DIN EN 15002 ist vollzugspraxisuntauglich; hier ist DIN 19747 (07/2009) anzuwenden	Forum-AU	HBU AbfKlärV FMA
	PAK (inkl. BaP)	Boden-/Altlastenmaterial	DIN ISO 18287 (05/2006)	Extraktion mit Aceton/Wasser/Kochsalz/Petrolether, Schütteln	ja	Gaschromatographisches Verfahren mit Nachweis durch Massenspektrometrie (GC-MS)	0,01 mg/kg TM pro PAK	Keine Abtrennung von MKW beschrieben, daher Störung bei höheren MKW-Konzentrationen möglich DIN ISO 18287 ist für Boden validiert; DIN EN15527 besitzt breiteren Anwendungsbereich, der für Abfallanalysen erforderlich ist. Chemische Trocknung (Na ₂ SO ₄ wasserfrei) reduziert evtl. Verluste. Extraktion: Variante A: Originalsubstanz - Aceton, Schütteln und Zugabe Petrolether Variante B: Originalsubstanz - Aceton, Wasser, Kochsalz, Petrolether/Schütteln.	FBU	HBU FM-BA DepV FMA AbfKlärV

Tab.II.7.3 Organische Analytik Feststoffe

Lfd. Nr.	Parameter	Materialtyp	Verfahren	Probenaufarbeitung	Validierung	Kurzbeschreibung	UAG der Norm	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
	PAK	Boden-/Altlastenmaterial	DIN ISO 13877 (01/2000) (zurückgezogen)	Zwei Extraktionsvarianten: 1. Toluol Soxhletextraktion für hochbelastete Böden; 2. Aceton/Petrolether für gering belastete Böden	ja	Bestimmung von PAK mittels HPLC-Verfahren	Boden: Untere Anwendungsgrenze 0,01 – 0,1 mg/kg je nach PAK-Einzelverbindung und Detektion (UV- und Fluoreszenz-)	Fluoreszenzdetektor ungeeignet für belastete Proben. In Abhängigkeit des Kontaminationsgrades zwei verschiedene Probenvorbereitungsverfahren. Die Extraktreinigung mit Aluminiumoxid führt zu quantitativen Verlusten der PAK. Bei der Extraktion kohlehaltiger Materialien ist zur Vermeidung erheblicher Minderbefunde die Extraktionsdauer im Soxhlet auf mind. 8h zu erhöhen. Anwendungsempfehlung aufgrund zurückgezogener DIN ISO 13877 (01/2000): DIN CEN/TS 16181 (12/2013)		BBodSchV HBU LAGA M20
	PAK	Boden/Abfall/ Klärschlamm	DIN CEN/TS 16181 (12/2013)	PV: gemäß DIN 19747 (07/2009)		16 PAK Extraktion: (z.B. Aceton /Petrol-ether; Toluol) ggf.Cleanup: Trennung/Detektion: GC-MS, HPLC		Äquivalent zu DIN ISO 13859 Nur für: Biobfall/ Klärschlamm geeignet E-DIN EN 16181 (11/2017) enthält Validierungskennndaten		AbfKlärV FMA
	PAK	Klärschlamm/ Boden/ Komposte	VD LUFA-Methodenhandbuch Bd. VII 3.3.3.1 (2003)	Extraktion: Aceton, Wasser, Kochsalz, Petrolether /Schütteln	ja	Bestimmung von PAK in Böden, Klärschlämmen u. Komposten mittels GC/MS; Aus dem selben Extrakt ist die Bestimmung der PCBs auch möglich	Klärschlamm, Boden, Kompost: keine quantitativen Angaben zum Anwendungsbereich	Ist Bestandteil der DIN ISO 18287 (05/2006) Keine Validierung für hochbelastete Feststoffe		BBodSchV LAGA M20

Tab.II.7.3 Organische Analytik Feststoffe

Lfd. Nr.	Parameter	Materialtyp	Verfahren	Probenaufarbeitung	Validierung	Kurzbeschreibung	UAG der Norm	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
12	PCB	Boden/ Bioabfall/ Klärschlamm	DIN EN 16167 (11/2012)	PV: DIN 19747 (07/2009)	Ja; nicht für Boden	LM-Extraktion (z.B. Aceton-Petrolether/ ASE) Cleanup: z.B. Al ₂ O ₃ ; Ag-NO ₃ /SiO ₂ ; GC-MS, -ECD		E-DIN 16167 (11/2017) beinhaltet Validierungskennzahlen und Berechnung PCB-Gesamtgehalte		HBU AbfKlärV FMA
	PCB	Fester Abfall	DIN EN 15308 (12/2016)	Extraktion durch Schütteln/ Ultraschall/ Soxhlet	Ja	GC mit (ECD/MS)		6 PCB-Kongenere (Nr. 28, 52, 101, 138, 153, 180) nach DepV bis 10/2011; 7 PCB-Kongenere (Nr. 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180) nach DepV 2011 Ersatz für DIN EN 15308 (05/2008); Version 12/2016 beinhaltet für PCBs den LAGA Faktor 5 für die Ergebnisangabe der Gesamtgehalte Sinnvoll für Analytik nach EU-POP-VO	FBU, Forum-AU	HBU FM-BA FMA DepV
	PCB	Fester Abfall	DIN 38414-20 (01/1996)	Soxhlet-Extraktion mit Pentan oder Hexan	ja	Deutsches Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung - Schlamm und Sedimente (Gruppe S); Bestimmung mittels GC-ECD		PCB (Summe der 6 PCB-Kongenere Nr. 28, 52, 101, 138, 153, 180) plus PCB 118 analysieren, auswerten und beim Gesamtgehalt berücksichtigen Validiert nur für KS; wird durch DIN EN 15308 ersetzt Sinnvoll für Analytik nach EU-POP-VO		BBodSchV DepV VersatzV LAGA M20 HBU AbfKlärV FMA

Tab.II.7.3 Organische Analytik Feststoffe

Lfd. Nr.	Parameter	Materialtyp	Verfahren	Probenaufarbeitung	Validierung	Kurzbeschreibung	UAG der Norm	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
	PCB	Flüssiger Abfall	EN 12766-1, (11/2000) EN 12766-2 (12/2001) (für Berechnung von PCB)		nein	GC-ECD/MS		Für Mineral- und Altöluntersuchungen EU-POP-VO hat Grenzwerte für diverse Chlororganika Sinnvoll für Analytik nach EU-POP-VO	Forum-AU	
	PCB/ HCB/ DDT/ Aldrin	Boden	DIN ISO 10382 (05/2003)	PV: DIN 19747 (07/2009)	ja	LM-Extraktion: Aceton-Petrolether; Clean up: Al ₂ O ₃ ; GC-ECD und Schüttelextraktion		Als GC-MS-Methode anwendbar	FBU, Forum-AU	HBU AbfKlärV
	PCB	Altholz	Anhang IV AltholzV Zif. 1.4.5 in Verbindung mit: DIN 38414, Teil 20 (01/1996)	Lufttrocknung, Mahlen, Soxhlet-Extraktion mit n-Hexan	nein	Deutsches Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung - Schlamm und Sedimente (Gruppe S)		PCB-Kongenere (Nr. 28, 52, 101, 138, 153, 180) Referenzverfahren berücksichtigt auch PCB-Kongener 118; Kann wegen fehlender Validierung für Altholz nicht empfohlen werden (DIN 38414 - S 20)		AltholzV
	PCB	Öl-Isolierprodukte	DIN EN 12766 Teil 1 (2000-11) DIN EN 12766 Teil 2 (2001-12), Verfahren B	Auflösen in einem KW (Hexan, Heptan, Cyclohexan iso-Octan)	nein	Mineralölzeugnisse und Gebrauchstöl - Bestimmung von PCBs und verwandten Produkten mittels GC-ECD		Es existieren nach DIN 12766-2 zwei Berechnungsverfahren, wobei Verfahren B die Multiplikation der 6 Kongeneren mit dem Faktor 5 verlangt. Kann wegen fehlender Validierung nicht empfohlen werden.		FMA

Tab.II.7.3 Organische Analytik Feststoffe

Lfd. Nr.	Parameter	Materialtyp	Verfahren	Probenaufarbeitung	Validierung	Kurzbeschreibung	UAG der Norm	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
13	PCP	Altholz	Anhang IV AltholzV Zif. 1.4.4	Ultraschall-extraktion mit Methanol	siehe Bemerkung	Gaschromatographie mit Elektroneneinfangdetektion (GC-ECD)	0,1 mg/kg bis 100 mg/kg	Formale Validierung fehlt, Verfahren hat sich jedoch in zahlreichen Ringversuchen bewährt; ECD-Detektion veraltet; MS-Verfahren möglich, jedoch nicht als Norm verfügbar Sinnvoll für Analytik nach EU-POP-VO	Forum-AU	AltholzV DepV
	PCP	Boden, Abfall, Sediment	DIN ISO 14154 (12/2005)	Extraktion mit Aceton/Hexan GC-ECD; -MS	ja	GC-ECD	0,01 bis 0,05 mg/kg je Chlorphenol	GC-MS anwendbar	FBU	FM-BA
14	PCDD/F	Schlamm/ beh. Bioabfall	DIN CEN/TS 16190 (05/2012)	Soxhlet (oder Gleichwertig) 5-50g; Extr.-Mittel: Toluol, n > 50 Cyclen	ja			Bestimmung der PCDD/F und dl-PCB mittels HR GC-MS (Isotopenverdünnungsverfahren) E-DIN EN 16190 (11/2017) enthält Validierungskennzahlen Sinnvoll für Analytik nach EU-POP-VO	FBU, Forum-AU	FMA HBU AbfKlärV
	PCDD/F dlPCB	Klärschlamm/ Sedimente	DIN 38414-24 (10/2000)	Gefrier-trocknung, Mahlen, Soxhletextraktion mit Toluol	ja	Bestimmung von PCDD/PCDF mittels GC-HR-MS	1 ng/kg - 10 ng/kg TM je Einzelkomponente	Wird durch E-DIN EN 16190 (11/2017) ersetzt	FBU	BBodSchV FM-BA FMA HBU

Tab.II.7.3 Organische Analytik Feststoffe

Lfd. Nr.	Parameter	Materialtyp	Verfahren	Probenaufarbeitung	Validierung	Kurzbeschreibung	UAG der Norm	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
	PCDD/F	Klärschlamm	Anhang 1, Nr. 1.3.3.2 AbfKlärV	Gefrier-trocknung, Mahlen, Soxhletex-traktion mit Toluol	nein	Bestimmung von PCDD/PCDF mittels GC-HR-MS		Kann wegen fehlender Validierung nicht empfohlen werden	sollte ersetzt werden durch: DIN CEN/TS 16190 (05/2012)	
15	PFC ¹¹ / PFOA/PFOS	Schlamm/ Sedimente/ Kompost/ Boden	DIN 38414-14 (08/2011)	Extraktion der trockenen homogenisierten Probe mit Methanol-Ammoniaklsg.; Reinigung: Festphasenextraktion	Ja	Bestimmung ausgewählter polyfluorierter Verbindungen (PFC) im Schlamm, Kompost und Boden, Detektion: HPLC-MS/MS	10 µg/kg TM	Bestimmt werden primär die beiden Einzelverbindungen PFOS und PFOA Anmerkung: Unter PFC werden die im Vortext gelisteten Spezies (Einzelkomponenten) verstanden. Sinnvoll für Analytik nach EU-POP-VO	FBU, Forum-AU	AbfKlärV FMA

¹¹ Gesamtes Ensemble der PFC-Spezies siehe Vortext zu Kapitel Organik

Tab.II.7.3 Organische Analytik Feststoffe

Lfd. Nr.	Parameter	Materialtyp	Verfahren	Probenaufarbeitung	Validierung	Kurzbeschreibung	UAG der Norm	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
16	PBDE	Feste Abfälle	DIN EN 16377 (12/2013)	Homogenisierung, Gefrier-trocknung, Zerkleinerung, Sieben Soxhletextraktion der trockenen Probe mit org. Lösungsmitteln (Aceton mit Hexan, Dichlormethan etc.)	ja		0,1 mg/kg	Für Dekadiphenylether (BDE-209) geeignet; Matrixunabhängige Methode (für kunststoffhaltige Abfälle geeignet) bei SLF und Elektroschrott kein Aceton zur Extraktion verwenden. In DIN EN 16377 zitierte DIN EN 15002 ist vollzugspraxisuntauglich; hier ist DIN 19747 (07/2009) anzuwenden Sinnvoll für Analytik nach EU-POP-VO	Forum-AU	MÜ
	PBDE	Sediment/Klärschlamm	DIN EN ISO 22032 (07/2009)	Homogenisierung, Gefrier-trocknung, Zerkleinerung, Sieben Soxhletextraktion der trockenen Probe mit org. Lösungsmitteln (Aceton mit Hexan, Dichlormethan etc.)	ja	Bestimmung ausgewählter polybromierter Diphenylether in Sediment und Klärschlamm	0,05 µg/kg für Tetra- bis Octabromkongenere 0,3 µg/kg Decabromdiphenyl Bei Detektion im NCI-Modus Faktor 10 niedriger	Methode wurde auf Erfordernisse der Abfalluntersuchung ausgelegt. Coelution von Hexabrombiphenyl und Tetrabrombisphenol mit BDE-154 und BDE-153 bei GC-NCI/MS. Polare Kapillarsäulen Störung durch andere BDE-Kongenere Natürlich entstandene bromierte Verbindungen, wie z.B. halogenierte Bipyrrole oder bromierte Phenoxyanisole stören. Probenkontakt mit organischen Polymeren muss vermieden werden.	Forum-AU	MÜ HBU

Tab.II.7.3 Organische Analytik Feststoffe

Lfd. Nr.	Parameter	Materialtyp	Verfahren	Probenaufarbeitung	Validierung	Kurzbeschreibung	UAG der Norm	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
17	Organozinnverbindungen	Boden, Schlamm, Abfall	DIN EN ISO 23161 (10/2011)	GC-AED/GC-MS/GC-FPD 1. Eisessig, Methanol, Wasser und Ultraschall; Derivatisierung; 2. Methanolische KOH, Hexan u. Ultraschall oder Erhitzen; Derivatisierung	Ja, Sedimente Boden	GC-AED/GC-MS-FPD GC-AED/GC-MS/GC-FPD ICP-MS	10 µg/kg Einzelverbindung	Aktualisierung in Vorbereitung: E-DIN EN ISO 23161 (11/2017)	FBU, Forum-AU	HBU
18	HCH, HCB, PCB, DDT, Aldrin	Boden/ Sediment	DIN ISO 10382 (05/2003)	Extraktion mit Aceton/Petrolether GC-ECD und Schüttelextraktion	ja	GC-ECD	0,1 bis 4 µg/kg; substanzabhängig	GC-MS anwendbar; geeignete interne Standards sollten eingesetzt werden. Hohe MKW-Gehalte können GC-MS Detektion stören.	FBU, Forum-AU	HBU FM-BA

Tab.II.7.3 Organische Analytik Feststoffe

Lfd. Nr.	Parameter	Materialtyp	Verfahren	Probenaufarbeitung	Validierung	Kurzbeschreibung	UAG der Norm	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
19	STV (2,4-Dinitrotoluol, Hexogen, Hexyl)		DIN ISO 11916-1 (09/2014)	Extraktion mit Methanol oder Aceton; Extraktion mit Acetonitril oder Methanol und Ultraschall, Schütteln, Soxhlet oder PLE	ja	HPLC-UV			FBU, Forum-AU	FM-BA HBU
20	STV (2,6-Dinitrotoluol, 2,4,6-Trinitrotoluol)		DIN ISO 11916-2 (09/2014)	Extraktion mit Methanol, Umlösen in Toluol, Extraktion mit Acetonitril oder Methanol und Ultraschall, Schütteln, Soxhlet oder PLE und Umlösen in Toluol	ja	GC-MS oder GC-ECD			FBU, Forum-AU	FM-BA HBU

II.7.4 Organische Analytik Eluate, Perkolate, Wässer

Die Durchführung von Elutions- und Perkulationsversuchen auf leichtflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe (LHKW) und BTEX liefern wegen massiver Verluste dieser Analyten keine belastbaren Ergebnisse.

Tab.II.7.4 Organische Analytik Eluate, Perkolate, Wässer

Lfd. Nr.	Parameter	Materialtyp	Verfahren	Probenaufarbeitung	Validierung	Kurzbeschreibung	UAG der Norm	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
1	BTEX	Wässer	DIN 38407-9 (05/1991)	Eluat-/ Perkolatgewinnung nach DIN 19528; DIN 19529; DIN EN 12457-4; flüssig/ flüssig Extraktion des Eluates mit Hexan oder Heptan/ Petrolether	nein	Bestimmung von Benzol und einigen Derivaten mittels Gaschromatographie	Untere Anwendungsgrenze: > 5 µg/l	Die Herstellung von Eluaten für die anschließende Best. von BTEX ist aufgrund der Flüchtigkeit (sehr hohe Verluste) ungeeignet. Kein Verfahren ist für die Herstellung von Eluaten zur BTEX- Best geeignet. Die Eluatherstellung läuft der vorgeschriebenen Norm zuwider. Kann wegen fehlender Validierung nicht empfohlen werden. Zur Analyse von Sickerwässern, Grundwasser etc. geeignet.		BBodSchV HBU FM-BA VersatzV
	BTEX	Wässer	DIN 38407-43 (10/2014)		ja	Bestimmung ausgewählter leichtflüchtiger org. Verbindungen mittels stat. HSGC-MS-Verfahren		Für Elutions- und Perkolationsversuche ungeeignet Die Herstellung von Eluaten für die anschließende Bestimmung von BTEX ist aufgrund der Flüchtigkeit (hohe Verluste) ungeeignet. Es gibt kein Verfahren für die Herstellung von Eluaten zur BTEX-Best. Die Herstellung des Eluates läuft der vorgeschriebenen Norm zuwider!	FBU, Forum-AU	

Tab.II.7.4 Organische Analytik Eluate, Perkolate, Wässer

Lfd. Nr.	Parameter	Materialtyp	Verfahren	Probenaufarbeitung	Validierung	Kurzbeschreibung	UAG der Norm	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
	BTEX	Wässer	DIN EN ISO 15680 (04/2004)		Nein, Perkolatgewinnung nach DIN 19528 nur für PAK validiert	Wasserbeschaffenheit: GC-Best. einer Anzahl monocyclischer aromatischer Kohlenwasserstoffe, Naphthalin und einiger chlorierter Substanzen mittels Purge und Trap-Anreicherung und thermischer Desorption.	BG < 10 ng/l, substanzabhängig	Für Elutions- und Perkolationsversuche ungeeignet Die Herstellung von Eluaten/Perkolaten für die anschließende Bestimmung von BTEX ist aufgrund der Flüchtigkeit (sehr hohe Verluste) ungeeignet. Es gibt kein Verfahren für die Herstellung von Eluaten/Perkolaten zur BTEX-Best. Die Herstellung des Eluates läuft der vorgeschriebenen Norm zuwider! Kann wegen fehlender Validierung nicht empfohlen werden. Zur Analyse von Sickerwässern, Grundwasser etc. geeignet.		BBodSchV HBU FBU FM-BA
	BTEX	Wässer	DIN 38407-41 (09/2011)	Für Elutions- und Perkolationsversuche ungeeignet	Nein, Perkolatgewinnung nach DIN 19528 nur für PAK validiert	Wasserbeschaffenheit: Bestimmung ausgewählter leichtflüchtiger org. Verbindungen mittels SPME und GC-MS	0,01 µg/l, abhängig von der Einzelsubstanz	Die Herstellung von Eluaten für die anschließende Bestimmung von BTEX ist aufgrund der Flüchtigkeit (hohe Verluste) ungeeignet. Es gibt kein Verfahren für die Herstellung von Eluaten zur BTEX-Best. Die Herstellung des Eluates läuft der vorgeschriebenen Norm zuwider. Zur Analyse von Sickerwässern, Grundwasser etc. geeignet	Forum-AU	

Tab.II.7.4 Organische Analytik Eluate, Perkolate, Wässer

Lfd. Nr.	Parameter	Materialtyp	Verfahren	Probenaufarbeitung	Validierung	Kurzbeschreibung	UAG der Norm	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
2	Benzol	Wässer	DIN EN ISO 17943 (10/2016)		ja	Wasserbeschaffenheit: Bestimmung flüchtiger org. Verbindungen mittels HS-SPME GC-MS-Verfahren		Für Elutions- und Perkolationsversuche ungeeignet		HBU
3	Chlorbenzole	Wässer	DIN 38407-37 (11/2013)	Eluatgewinnung nach DIN 19529 (12/2015) oder LAGA EW 98T; flüssig / flüssig-Extraktion des Eluates mit Hexan oder Heptan/ Petro-lether	nein	Fl.-fl.-Extraktion mit einem unpolaren LM (z.B. Petrolether), GC-MS	0,005 µg/l	Für Elutions- und Perkolationsversuche ungeeignet; Ersetzt DIN 38407-2		
	Chlorbenzole	Wässer	DIN 38407-43 (02/1993)			Bestimmung ausgewählter leichtflüchtiger org. Verbindungen mittels stat. HSGC-MS-Verfahren	0,1 µg/l	Für C ₁ bis C ₃ -Chlorbenzolspezies geeignet Für Elutions- und Perkolationsversuche ungeeignet	FBU, Forum-AU	

Tab.II.7.4 Organische Analytik Eluate, Perkolate, Wässer

Lfd. Nr.	Parameter	Materialtyp	Verfahren	Probenaufarbeitung	Validierung	Kurzbeschreibung	UAG der Norm	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
	Chlorbenzole	Wässer	DIN EN ISO 6468 (02/1997)	Eluat-/ Perkolatgewinnung nach DIN19529 (12/2015); DIN 19528; flüssig / flüssig-Extraktion des Eluates mit Hexan oder Heptan / Petrolether	nein	GC-ECD Bestimmung ausgewählter Organochlorinsektizide, PCB und Chlorbenzole – GC Verfahren nach flüssig/flüssig-Extraktion		Für Elutions- und Perkulationsversuche ungeeignet. Kann wegen fehlender Validierung nicht empfohlen werden.		HBU
	Chlorbenzole	Perkolate/Sickerwässer	DIN EN ISO 10301 (08/97)	Flüssig/ flüssig-Extraktion mit Pentan	Nicht für Eluat-/Perkolat untersuchungen validiert; SW-/GW-Untersuchungen geeignet	Flüssig-/Flüssig-Extraktion; GC-ECD (Cl ₁ -Cl ₃)	0,01 bis 200 µg/l, substanzabhängig	GC-MS anwendbar mit geeigneten internen Standards	FBU	HBU FM-BA
4	Chlorphenole	Wässer	DIN EN 12673 (05/1999)	Eluat-/ Perkolatgewinnung nach DIN19529 (12/2015); DIN 19528; Extraktion, Derivatisierung	nein	GC- Bestimmung einiger ausgewählter Chlorphenole in Wasser		Störungen durch oberflächenaktive Stoffe, Emulgatoren, polare Lösungsmittel und andere phenolische Verbindungen Für Elutions- und Perkulationsversuche ungeeignet Kann wegen fehlender Validierung nicht empfohlen werden.	FBU	FM-BA HBU

Tab.II.7.4 Organische Analytik Eluate, Perkolate, Wässer

Lfd. Nr.	Parameter	Materialtyp	Verfahren	Probenaufarbeitung	Validierung	Kurzbeschreibung	UAG der Norm	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
5	Chlorphenole/ PCP	Perkolate/SW	DIN EN 12673 (05/1999)	Extraktion, Derivatisierung Flüssig/flüssig-Extraktion mit Toluol		GC- Best. einiger ausgewählter Chlorphenole in Wasser GC-ECD oder GC-MS		Störungen durch oberflächenaktive Stoffe, Emulgatoren, polare Lösungsmittel und andere phenolische Verbindungen; Nicht für Eluat-/ Perkolatuntersuchungen validiert; SW-/GW-Untersuchungen geeignet	FBU, Forum-AU	HBU FM-BA
6	Hexachlorbenzol	Eluate/ Perkolate/ Wässer	DIN 38407-37 (11/2013)	Flüssig/flüssig-Extraktion mit Pentan, Hexan oder Heptan	Ja	Flüssig-/Flüssigextraktion GC-MS			FBU, Forum-AU	
	Hexachlorbenzol	Sickerwasser	DIN EN ISO 38407-2 (02/1993)	Flüssig/flüssig-Extraktion mit Pentan, Hexan oder Heptan	Ja, TrinkW/ ObfW/ AbW	Flüssig-/Flüssigextraktion GC-ECD oder GC-MS	1 - 10 ng/l	GC-MS anwendbar mit geeigneten internen Standards		HBU

Tab.II.7.4 Organische Analytik Eluate, Perkolate, Wässer

Lfd. Nr.	Parameter	Materialtyp	Verfahren	Probenaufarbeitung	Validierung	Kurzbeschreibung	UAG der Norm	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
7	LHKW	Wässer	DIN EN ISO 10301 (08/1997)	Eluat-/ Perkolatgewinnung nach DIN19529 (12/2015); DIN 19528; flüssig / flüssig-Extraktion des Eluates mit Hexan oder Heptan / Petrolether	Nein (Eluat-/Perkolatgewinnung)	Wasserbeschaffenheit: Bestimmung leichtflüchtiger halogenierter Kohlenwasserstoffe – GC-Verfahren	Wasser: BG substanzabhängig von 0,01 bis 200 µg/l	Für Elutions- und Perkulationsversuche ungeeignet Die Herstellung von Eluaten für die anschließende Bestimmung von LHKW ist aufgrund der Flüchtigkeit (sehr hohe Verluste) ungeeignet. Es gibt kein Verfahren für die Herstellung von Eluaten zur LHKW-Best. Die Herstellung des Eluates läuft der vorgeschriebenen Norm zuwider. Kann wegen fehlender Validierung nicht empfohlen werden. Zur Analyse von Sickerwässern, Grundwasser etc. geeignet.		BBodSchV FM-BA VersatzV HBU
	LHKW	Wässer	DIN EN ISO 15680 (04/2004)		Nein (Perkolatgewinnung nach DIN 19528 nur für PAK validiert)	Wasserbeschaffenheit: GC-Best. einer Anzahl monocyclischer aromatischer Kohlenwasserstoffe, Naphthalin und einiger chlorierter Substanzen mittels Purge und Trap-Anreicherung und thermischer Desorption.	BG < 10 ng/l, substanzabhängig	Für Elutions- und Perkulationsversuche ungeeignet Die Herstellung von Eluaten/ Perkolaten für die anschließende Bestimmung von BTEX ist aufgrund der Flüchtigkeit (sehr hohe Verluste) ungeeignet. Es gibt kein Verfahren für die Herstellung von Eluaten/ Perkolaten zur BTEX-Best. Die Herstellung des Eluates läuft der vorgeschriebenen Norm zuwider! Kann wegen fehlender Validierung nicht empfohlen werden. Zur Analyse von Sickerwässern, Grundwasser etc. geeignet.	FBU	HBU FM-BA

Tab.II.7.4 Organische Analytik Eluate, Perkolate, Wässer

Lfd. Nr.	Parameter	Materialtyp	Verfahren	Probenaufarbeitung	Validierung	Kurzbeschreibung	UAG der Norm	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
	LHKW	Wässer	DIN EN ISO 10301 (08/1997)		Nein	Wasserbeschaffenheit: GC-Best. leichtflüchtiger halogenierter Kohlenwasserstoffe mittels fl./fl.-Extraktion oder statischer-HSGC		Für Elutions- und Perkulationsversuche ungeeignet Perkolatgewinnung nach DIN 19528 nur für PAK validiert		HBU
	LHKW	Wässer	DIN EN ISO 17943 (10/2016)		Nein	Wasserbeschaffenheit: GC-Best. leichtflüchtiger halogenierter Kohlenwasserstoffe mittels HS-SPME-GC-MS		Für Elutions- und Perkulationsversuche ungeeignet Perkolatgewinnung nach DIN 19528 nur für PAK validiert Ersatz für DIN 38407-41 (06/2011)		
	LHKW	Wässer	DIN 38407-43 (10/2014)		ja	Bestimmung ausgewählter leichtflüchtiger org. Verbindungen mittels stat. HSGC-MS-Verfahren		Für Elutions- und Perkulationsversuche ungeeignet Die Herstellung von Eluaten für die anschließende Bestimmung von BTEX ist aufgrund der Flüchtigkeit (hohe Verluste) ungeeignet. Es gibt kein Verfahren für die Herstellung von Eluaten zur BTEX-Best. Die Herstellung des Eluates läuft der vorgeschriebenen Norm zuwider!	FBU, Forum-AU	

Tab.II.7.4 Organische Analytik Eluate, Perkolate, Wässer

Lfd. Nr.	Parameter	Materialtyp	Verfahren	Probenaufarbeitung	Validierung	Kurzbeschreibung	UAG der Norm	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
	LHKW (Tri & Per)	SW-/GW	DIN EN ISO 10301 (08/1997)	Verdränger: Na Flüssig/flüssig-Extraktion mit Pentan	ja, TW/Abw.	GC-ECD	0,01 bis 200 µg/l, substanzabhängig	GC-MS anwendbar mit geeigneten internen Standards	FBU	BBodSchV HBU
	LHKW (Tri & Per)	Sickerwasser	DIN EN ISO 15680 (04/2004)	GC-MS Purge und Trap-Anreicherung und thermischer Desorption	Ja, Trinkw/ ObflW	Bestimmung monocyclischer aromat. KW's u. chlorierter aliphatischer KW's nach Desorption mittels GC-MS oder GC-ECD	10 ng/L (substanzabhängig)		FBU	HBU
8	MKW	Wasser	DIN EN ISO 9377-2 (07/2001)	Flüssig/flüssig-Extraktion mittels Petrolether (bp: 36-69 °C)	Ja	Wasser: KW-Index; GC-FID Integration C ₁₀ -C ₃₉	0,1 mg/l	Für Untersuchungen auf MKW Perkolate gemäß DIN 19528 ungeeignet Norm kann für wässrige Lösg. mit Konz. oberhalb von 0,1 mg/l angewandt werden. Das Verfahren kennt keine Kalibrierung über das Gesamtverfahren. Die Herstellung von Eluaten für die anschließende Bestimmung von MKW ist aufgrund der Lipophilie (Phasentrennung, Oberflächenadsorption) ungeeignet. Es gibt kein geeignetes Verfahren für die Herstellung von Perkolaten zur MKW-Best.	FBU	HBU FM-BA

Tab.II.7.4 Organische Analytik Eluate, Perkolate, Wässer

Lfd. Nr.	Parameter	Materialtyp	Verfahren	Probenaufarbeitung	Validierung	Kurzbeschreibung	UAG der Norm	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
9	MTBE	Sickerwasser	DIN EN ISO 15680 (04/2004)	GC-MS Purge und Trap- Anreicherung und thermischer Desorption	Ja, TrinkW/ ObflW	Bestimmung Monocyclischer aromatischer KW's u. chlorierter aliphatischer KW's nach Desorption durch GC-MS GC-MS oder GC-ECD	10 ng/L (substanzabhängig)		FBU	HBU
	MTBE/ Naphthalin/ Methylnaphthalin	Eluate/Perkolate/Wässer	DIN EN ISO 17943 (10/2016)		Nein (Perkolatgewinnung nach DIN 19528 nur für PAK validiert)	Wasserbeschaffenheit: GC-Best. leichtflüchtiger halogenierter Kohlenwasserstoffe mittels HS-SPME-GC-MS		Für Elutions- und Perkolationsversuche ungeeignet Ersatz für DIN 38407-41 (06/2011)		
	MTBE Naphthalin/ Methylnaphthalin	Wasser	DIN 38407-43 (10/2014)	st. HSGC-MS	ja	Best. leichtflüchtiger org. Verbindungen mittels st. HSGC-MS			FBU	

Tab.II.7.4 Organische Analytik Eluate, Perkolate, Wässer

Lfd. Nr.	Parameter	Materialtyp	Verfahren	Probenaufarbeitung	Validierung	Kurzbeschreibung	UAG der Norm	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
	STV 2,4-Dinitrotoluol	GW-/ObflW	DIN 38407-17 (02/1999)	Fest-/flüssig oder Flüssig-/flüssig Extraktion; GC-MS, GC-ECD oder GC-PND Flüssig-/flüssig-Extraktion mit Toluol	ja	Fest-/flüssig oder Flüssig-/flüssig Extraktion; GC-MS, GC-ECD oder GC-PND	0,05 - 0,1 µg/l, detektorabhängig			HBU FM-BA
	STV 2,6-Dinitrotoluol	GW-/ObflW	DIN 38407-17 (02/1999)	Fest-/flüssig oder Flüssig-/flüssig Extraktion; GC-MS, GC-ECD oder GC-PND Flüssig-/flüssig-Extraktion mit Toluol	ja	Fest-/flüssig oder Flüssig-/flüssig Extraktion; GC-MS, GC-ECD oder GC-PND	0,05 - 0,1 µg/l, detektorabhängig			HBU FM-BA
	2,4,6-Trinitrotoluol Hexyl, Hexogen, Nitropenta	Wasser	DIN EN ISO 22478 (07/2006)	Festphasenanreicherung und Elution mit Methanol/ Acetonitril		HPLC-UV	0,05 - 0,5 µg/l, substanzabhängig		FBU	HBU FM-BA

Tab.II.7.4 Organische Analytik Eluate, Perkolate, Wässer

Lfd. Nr.	Parameter	Materialtyp	Verfahren	Probenaufarbeitung	Validierung	Kurzbeschreibung	UAG der Norm	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
10	Nonylphenol	GW/Oberflächen-/ Abwasser	DIN EN ISO 18857-1 (02/2007)	Flüssig-flüssig-Extraktion mittels Toluol; GC-MS	Ja, Trink-W/ GW, Obflw.	GC-MS	Obflächenwasser 0,02 - 0,2 µg/l Abwasser 0,1 - 50 µg/l		FBU	HBU
11	PAK/ Naphthalin/ Methylnaphthalin	Perkolat/Eluat	DIN 38407-39 (09/2011)	Perkolatgewinnung nach DIN 19528 bzw DIN 19529 (12/2015) fl./ fl.-Extraktion des Eluates mit Hexan oder Heptan / Petrolether	ja	Wasserbeschaffenheit - Bestimmung ausgewählter PAK-Verfahren mittels GC und MS (GC/MS)	Für jede Einzelverbindung: Trinkwasser > 0,005 µg/l andere Wässer > 0,01 µg/l	Bei hohen MKW Konzentrationen ist das Verfahren gestört. Einziges Verfahren, das für belastete Eluate/Perkolate geeignet ist.	FBU	HBU FM-BA
	PAK	Perkolat	DIN EN ISO 17993 (03/2004)	Perkolatgewinnung nach DIN 19528; flüssig / flüssig-Extraktion des Eluates mit Hexan oder Heptan / Petrolether	ja	Bestimmung von 15 PAK in Wasser durch HPLC mit Fluoreszenzdetektion nach Flüssig-Flüssig-Extraktion	Für jede Einzelverbindung: Trink- und Grundwasser > 5 ng/L Oberflächenwasser > 10 ng/L	Aufgrund von Matrixinterferenzen HPLC mit Fluoreszenzdetektion nur eingeschränkt geeignet; Interferenzen durch Matrices am Fluoreszenzdetektor	FBU	HBU

Tab.II.7.4 Organische Analytik Eluate, Perkolate, Wässer

Lfd. Nr.	Parameter	Materialtyp	Verfahren	Probenaufarbeitung	Validierung	Kurzbeschreibung	UAG der Norm	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
	PAK/ Naphthalin/ Methyl-naphthalin	Wasser	DIN EN ISO 15680 (04/2004)	Purge und Trap- Anreicherung und thermischer Desorption	ja	Thermodesorption GC-MS oder GC-ECD	10 ng/L (substanzabhängig)	nur für Naphthalin		HBU
12	Pentachlorphenol/Chlorphenole	Wasser	DIN EN 12673 (05/1999)	Extraktion, Derivatisierung Flüssig/Flüssig-Extraktion mit Toluol	Nicht für Eluat-/Perkolat untersuchen validiert; SW-/GW-Untersuchungen geeignet	GC- Best. einiger ausgewählter Chlorphenole in Wasser GC-ECD oder GC-MS	0,0001 mg/l bis 1 mg/l	Störungen durch oberflächenaktive Stoffe, Emulgatoren, polare Lösungsmittel und andere phenolische Verbindungen		HBU
13	PCB	Eluat/Perkolat	DIN 38407-37 (11/2013)	Eluatgewinnung nach DIN 19529 (12/2015); „flüssig / flüssig-Extraktion des Eluates mit Hexan oder Heptan / Petrolether	„Nein“ für Perkolatgewinnung nach DIN 19528 und „ja“ für DIN 19529 (12/2015)	Fl.-fl.-Extraktion mit einem unpolaren LM (z.B. Petrolether), GC-MS	0,005 µg/l	Ersetzt DIN 38407-2	FBU	

Tab.II.7.4 Organische Analytik Eluate, Perkolate, Wässer

Lfd. Nr.	Parameter	Materialtyp	Verfahren	Probenaufarbeitung	Validierung	Kurzbeschreibung	UAG der Norm	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
	PCB	Eluat	DIN 38407-3 (07/1987)	Eluatgewinnung nach DIN 38414-4 oder LAGA EW 98T; fl./fl.-Extraktion des Eluates mit Hexan oder Heptan/ Petrolether	nein	GC-ECD oder (GC-MS) Gaschromatographische Bestimmung von Polychlorierten Biphenylen		Für Eluatuntersuchungen ungeeignet (DIN 19528) Abfall: PCB gesamt: Summe der polychlorierten Biphenyle; in der Regel Bestimmung über die 6 Kongenere. Keine weitere Präzisierung für die weitergehende Eluataufbereitung Kann wegen fehlender Validierung nicht empfohlen werden.		BBodSchV FM-BA HBU VersatzV
	PCB/ HCB (SHKW)	Sickerwasser	DIN 38407-2 (02/1993)	GC-ECD Flüssig/flüssig-Extraktion mit Pentan, Hexan oder Heptan	Ja, Trinkw. / Oberflw./ Abw.	GC-ECD	1 bis 10 ng/l, substanzabhängig	GC-MS anwendbar mit geeigneten internen Standards		BBodSchV FM-BA HBU
	PCB	Perkolat	DIN 38407-3 (07/1998)	Perkolatgewinnung nach DIN 19528; flüssig/flüssig - Extraktion des Eluates mit Hexan oder Heptan /Petrolether	Nein Eluatgewinnung nach DIN 19528 nur für PAK validiert	GC-ECD oder (GC-MS) Gaschromatographische Bestimmung von Polychlorierten Biphenylen		PCB gesamt: Summe der polychlorierten Biphenyle; in der Regel Bestimmung über die 6 Kongenere. Kann wegen fehlender Validierung nicht empfohlen werden.	FBU	BBodSchV FM-BA HBU

Tab.II.7.4 Organische Analytik Eluate, Perkolate, Wässer

Lfd. Nr.	Parameter	Materialtyp	Verfahren	Probenaufarbeitung	Validierung	Kurzbeschreibung	UAG der Norm	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
14	PFC ¹²	Eluate/Perkolate/Wässer	DIN 38407-42 (03/2011)	Fest-flüssig-Extraktion	Nein: Eluate/Perkolate (DIN 19529/ DIN 19528) Ja: Wässer	HPLC-MS-MS		Unter PFC werden die im Vortext gelisteten Spezies verstanden!	FBU	
15	Phenole ¹³	Perkolat/Eluat/Wässer	DIN 38407-27 (10/2012)	GW/SW/Eluat/Perkolat/	Zur Analyse in Eluaten nach Elution gemäß DIN 19529 (12/2015) geeignet; Perkolation nach DIN 19528 ungeeignet, da nur für PAK validiert	GC-MS nach in-situ-Derivatisierung durch Acetylierung; Bestimmung ausgewählter Phenole		Oberflächenaktive Stoffe, Emulgatoren, höhere Konzentrationen polarer Lösungsmittel und suspendierte Stoffe stören. Störungen durch zweite flüssige Phase (MKW, CKW, Fette) Parameter-umfang der Einzelverbindungen in speziellen Einzelfällen, wie z.B. teerhaltiges Bodenmaterial nicht ausreichend	FBU, Forum-AU	

¹² Gesamtes Ensemble der PFC-Spezies siehe Vortext des Kapitels Organik

¹³ Unter Phenole sind die im Vortext des Kap. II.7.2 „Abfall-/Boden- und Altlastenuntersuchungsrelevante organische Stoffgruppen“ gelisteten Einzelverbindungen zu verstehen.

Tab.II.7.4 Organische Analytik Eluate, Perkolate, Wässer

Lfd. Nr.	Parameter	Materialtyp	Verfahren	Probenaufarbeitung	Validierung	Kurzbeschreibung	UAG der Norm	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
	Phenole ¹³	Perkolat/ Eluat/Wasser	ISO 8165-2 (07/1999)	Flüssig-flüssig-Extraktion mit Diethylether und Derivatisierung (Acetylierung)	Ja	GC-ECD oder GC-FID	GC-ECD oder GC-FID	1. 2 GC-Säulen unterschiedlicher Polarität 2. GC-MS anwendbar mit geeigneten internen Standards		HBU FM-BA
16	Tributylzinn/ Triphenylzinn	Sickerwasser	DIN EN ISO 17353 (11/2005)	Extraktion mit in-situ-Derivatisierung (Natriumtetraethylborat)	Ja, TrinkW/ ObfW/ AbW	Derivatisierung mittels NaB(Et) ₄ bei gleichzeitigem Stripping; Trennung und Detektion: GC-MS, GC-FPD oder GC-AED	10 - 1000 ng/l		FBU	HBU
17	Triazine/ Dimeturon/ Flazasulfuron	Perkolat/Eluat/Wasser	DIN EN ISO 11369 (11/1997)	Perkolatgewinnung nach DIN 19528; Festflüssig Extraktion an RP-C18, Elution mit (z.B. Methanol, Acetonitril, Aceton);	nein Perkolatgewinnung nach DIN 19528 nur für PAK validiert	Bestimmung ausgewählter Pflanzenbehandlungsmittel – Verfahren mit der Hochauflösungs- Flüssigkeitschromatographie mit UV-Detektion nach Festflüssig Extraktion	1 µg/l	UV-absorbieren-des Material in der Probe stört die Bestimmung; Schwebstoffe können die Säulenpackung verstopfen. Einzuhaltender Materialwert liegt deutlich unter der angegebenen UAG; kann wegen fehlender Validierung im Perkulationsversuch nicht empfohlen werden.		HBU

Tab.II.7.4 Organische Analytik Eluate, Perkolate, Wässer

Lfd. Nr.	Parameter	Materialtyp	Verfahren	Probenaufarbeitung	Validierung	Kurzbeschreibung	UAG der Norm	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
	Triazine	Perkolat/Eluat	DIN EN ISO 27108 (12/2013)	Perkolatgewinnung nach DIN 19528; Extraktion und Anreicherung mit Solid Phase Micro Extraction (SPME), anschließend Thermodesorption	nein Perkolatgewinnung nach DIN 19528 nur für PAK validiert	Bestimmung ausgewählter Pflanzenschutzmittel und Biozidprodukte mittels SPME und GC-MS	0,05 µg/l	Leistungsfähigkeit der Faser nimmt im Laufe einer Probenreihe ab. Regelmäßige Bezugslösungen vermessen. Faser vorkonditionieren, da sonst zu niedrige Ausbeuten; Kann wegen fehlender Validierung im Perkulationsversuch nicht empfohlen werden.		
	Triazine/ Flazasulfuron	Perkolat/Eluat	DIN 38407-36 (09/2014)	Perkolatgewinnung nach DIN 19528; LC-MS/MS nach Direktinjektion	nein Perkolatgewinnung nach DIN 19528 nur für PAK validiert	Verfahren mittels Hochleistungs-Flüssigkeitschromatographie und massenspektrometrischer Detektion (HPLC-MS/MS bzw. -HRMS) nach Direktinjektion	0,025 µg/l		FBU	

Tab.II.7.4 Organische Analytik Eluate, Perkolate, Wässer

Lfd. Nr.	Parameter	Materialtyp	Verfahren	Probenaufarbeitung	Validierung	Kurzbeschreibung	UAG der Norm	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
18	Glyphosat/AMPA	Perkolat/Eluat	DIN 38407-22 (10/2001)	Perkolatgewinnung nach DIN 19528; Methode A: Anreicherung an Kationenaustauscher Methode B: Geringes Probenvolumen, Eindampfen zur Trockene, Aufnahme in Puffer für die HPLC-Messung	nein Perkolatgewinnung nach DIN 19528 nur für PAK validiert	Bestimmung von Glyphosat und Aminomethylphosphonsäure (AMPA) in Wasser durch HPLC mit Fluoreszenzdetektion	> 0,05 µg/l	Aufwendiges Verfahren, Matrixeinfüsse prüfen; kann wegen fehlender Validierung des Perkulationsversuchs nicht empfohlen werden. Oxidationsmittel in der Wasserprobe, insbesondere freies Chlor, führt zum Abbau von Glyphosat und AMPA. Gechlorte Wasserproben sind mit Natriumthiosulfat zu stabilisieren. Best. wird durch fluoreszierende oder die Fluoreszenz unterdrückende Verbindungen gestört. Peaküberlagerungen und Beeinträchtigung der Peakintegration. DIN 38407-22 veraltet; Stand der Analysetechnik: LC-MS MS nach Derivatisierung ISO 16308 (09-2014)		
	Glyphosat/AMPA	Perkolat/Eluat	DIN ISO 16308 (09/2017)	Perkolatgewinnung nach DIN 19528	nein Perkolatgewinnung nach DIN 19528 nur für PAK validiert	Bestimmung von Glyphosat und Aminomethylphosphonsäure (AMPA) in Wasser durch HPLC mit tandemmassenspektrometrischer Detektion	>0,03µg/l	Matrixeinfüsse prüfen; kann wegen fehlender Validierung des Perkulationsversuchs nicht empfohlen werden.		
19	Vinylchlorid	Wasser	DIN 38407-41 (04/2011)	Festphasenmikroextraktion (SPME)	ja	GC-MS	0,01 µg/l		FBU	

II.7.5 Organische Analytik Bodenluft

Tab.II.7.5 Organische Analytik Bodenluft

Lfd. Nr.	Verfahren	Anwendungsbereich	Kurzbeschreibung	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
1	VDI 3865-3 (06/1998)	Bestimmung von LHKW/BTXE	Anreicherungstechnik		FBU	BBodSchV FM-BA HBU
2	VDI 3865-4 (12/2000)	Bestimmung von LHKW/BTXE im Direkt- messverfahren mittels GC	Direktmesstechnik		FBU	FM-BA

II.7.6 Organische Analytik Deponiegas

Tab.II.7.6 Organische Analytik Deponiegas

Lfd. Nr.	Verfahren	Anwendungsbereich	Kurzbeschreibung	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
1	VDI 3860-2 (07/2016) Entwurf	Deponiegasmessungen	Bestimmung von Methan, Kohlenstoffdioxid, Sauerstoff, Stickstoff	QS-Maßnahmen; Mess-/Prüfberichte	Forum-AU	
2	VDI 3860-3 (11/2017)	Deponiegasmessungen	Bestimmung von Methan mittels FID, IRLA, NDIR (Diffuse Ausgasungen)	QS-Maßnahmen Mess-/Prüfberichte	Forum-AU	

II.8 Summarische Parameter

Messergebnisse von **Summenparametern** verdienen naturgemäß eine besondere Aufmerksamkeit hinsichtlich ihrer Einschätzung und Interpretation, da sie im Gegensatz zu Ergebnissen aus der Einzelstoffanalytik keinen Rückschluss auf definierte Stoffinventare zulassen. Sie werden häufig zur Orientierung im Rahmen von gestuften Untersuchungs- und Analysenstrategien herangezogen.

Unterschieden werden kann zwischen Messgrößen, die auf der Ermittlung der Konzentration von Substanzgruppen (z.B. 16 EPA-PAK) beruhen und solchen, die nicht auf der Bestimmung einzelner Stoffe oder Verbindungen (z.B. AOX) beruhen.

Messgrößen, die Substanzgruppen mit chemischen Gemeinsamkeiten erfassen, werden in der Regel an Hand von Konventionenmethoden bestimmt. Grundlage der Bestimmung ist zu meist die extraktive Abtrennung der „Stoffgruppen“ von der Matrix. Beispielhaft ist hier die Bestimmung der PCB (z.B. 6 Ballschmitter Kongenere) zu nennen.

Bei der Bestimmung von Summenparametern werden Elemente oder durch bestimmte Eigenschaften gekennzeichnete Stoffe zusammengefasst. Sie werden vielfach zur „allgemeinen Materialcharakterisierung“, herangezogen, wie es z. B. zur Einschätzung von „reaktiven Materialien“ durch Bestimmung des Feststoff-TOC im Rahmen der Abfalluntersuchung üblich ist.

Stoffgruppen stehen im Gegensatz zu den verfahrenstechnisch summarisch bestimmbar messbaren Messgrößen. Ihre Einzelstoffe werden analysiert und deren Summenbildung rechnerisch aufgrund eines ähnlichen Molekülaufbaus und ähnlicher Eigenschaften gebildet. Beispielhaft zu nennen sind hier die polychlorierten Biphenyle (PCB) oder die polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK).

Die Messgrößen im Kap. II.4 „Allgemeine Parameter“ und die des Kap. II.8 „Summarische Parameter“ stellen Messgrößen dar, die nicht auf der Ermittlung einzelner Stoffe oder Verbindungen beruhen, sondern Inkremente, Spezies oder durch bestimmte Eigenschaften gekennzeichnete Stoffe zusammenfassen. Ein Beispiel hierfür ist der Feststoff-TOC, der nach Verbrennung im Sauerstoffstrom bei ca. 900°C bis 1200°C durch das sich im Sauerstoffstrom bildende und zu detektierende Kohlendioxid (CO₂) charakterisiert wird. Alle unter diesen Bedingungen CO₂-bildenden Substanzen werden mit erfasst. Hierbei handelt es sich z.B. auch um „Restkohlenstoff“ (Elementar C) und Carbide. Liegt in einer Probe neben dem „gesamten organischen Kohlenstoff (TOC)“ auch „Restkohlenstoff“ vor, so wird dieser als TOC mit erfasst.

II.8.1 Summarische Parameter Feststoffe

Tab.II.8.1 Summarische Parameter Feststoffe

Lfd. Nr.	Parameter	Materialtyp	Probenaufarbeitung	Verfahren	Kurzbeschreibung	UAG der Norm	UAG im Feststoff	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
1	AOX	Klärschlamm (Feststoff)	Trocknen, Mahlen, Suspension mit Hilfe von Natriumnitratlösung, Schütteln mit Aktivkohle	DIN 38414, Teil 18 (11/1989)	Bestimmung von adsorbierten organisch gebundenen Halogenen (AOX)	> 1 mg/kg		Mangelnde Selektivität bezüglich umweltrelevanter halogenorganischer Verbindungen; fehlende Aussagekraft des Parameters bzgl. Chlororganischer Verbindungen; Miterfassung von Chloriden DIN 38414, Teil 18 ist gleich adsorbierte AOX im Gegensatz zu adsorbierbare AOX nach DIN 1485		FMA AbfKlärV
	AOX	Klärschlamm/ Bioabfall/ Boden	PV gemäß DIN 19747 (07/2009) Suspension mit Hilfe von Natriumnitratlösung, Schütteln mit Aktivkohle	DIN EN 16166 (11/2012)	Bestimmung von adsorbierbaren organisch gebundenen Halogenen (AOX) Verbrennung im Sauerstoffstrom; HCl-Best. mittels Mikrocoulometrie	5 mg/kg		Anwendbar für KS; ungeeignet für Abfälle zur Verwertung/Beseitigung		HBU AbfKlärV FMA
2	EOX	Fester Abfall		DIN 38414 – 17 (01/1989) (01/2017)	Bestimmung von ausblasbaren und extrahierbaren, organisch gebundenen Halogenen		0,5 mg/kg 0,2 mg/kg (04/2014)	0,5 mg/kg -100 mg/kg (kann durch Verdünnen erweitert werden) Keine Werte in der DepV, aber Methode; in den genannten Verordnungen werden nur die extrahierbaren Anteile gefordert Ersetzt durch Version Stand: (04/2014)		LAGA M20

Tab.II.8.1 Summarische Parameter Feststoffe

Lfd. Nr.	Parameter	Materialtyp	Probenaufarbeitung	Verfahren	Kurzbeschreibung	UAG der Norm	UAG im Feststoff	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
3	Extrahierbare lipophile Stoffe	Fester Abfall		LAGA KW/04 Kap. 6.8 (01/2010)	Extraktion mit Petrolether; Gravimetrie			Prinzip der alten „H56“		DepV
4	Säureneutralisationskapazität	Fester Abfall		LAGA EW 98 Teil 5 (EW 98 p) (11/2012)	Bestimmung der Eluierbarkeit mit wässrigen Medien bei konstantem pH-Wert			Keine Werte in DepV, aber ist bei DK III zu bestimmen		DepV
5	Feststoff-TOC	Abfall, Schlamm, Sediment	Feinmahlung < 250µm (DIN 19747)	DIN EN 13137 (12/2001)	Verbrennung bei mind. 900°C im Sauerstoffstrom	1.000 mg/kg	1.000 mg/kg	Carbide und Elementar C werden mit erfasst	FBU, Forum-AU	FM-BA HBU DepV FMA
	Feststoff-TOC	Abfall, Schlamm, Sediment, Boden		DIN ISO 10694 (06/1996)	Verbrennung bei mind. 900°C im Sauerstoffstrom	1.000 mg/kg	Carbide und Elementar C werden mit erfasst			BBodSchV HBU
	Feststoff-TOC	Abfall, Schlamm, Sediment, Boden		DIN EN 15936 (11/2012)	Verbrennung bei mind. 900°C im Sauerstoffstrom	1.000 mg/kg	1.000 mg/kg	Carbide und Elementar C werden mit erfasst		FM-BA HBU

Tab.II.8.1 Summarische Parameter Feststoffe

Lfd. Nr.	Parameter	Materialtyp	Probenaufarbeitung	Verfahren	Kurzbeschreibung	UAG der Norm	UAG im Feststoff	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
	Feststoff-TOC	Feststoffe	Feinmahlung < 250µm (DIN 19747)	DIN 19539 (06/2016)	Selektive Verbrennung im O₂-Strom Temp.-Bereiche: 150°C bis 400 °C (TOC) 600°C bis 900°C (TIC) Differenzierte Temperaturprogrammauswertung 400°C bis 600°C (ROC) 150°C bis 900°C (TC)			Störungen durch Schwefel- und N-Verbindungen; Differenzierte Auswertung (Temp.-Programm) wird u.a. durch Carbonate erschwert Mindestverweilzeiten der Temperaturschritte sind für differenzierte Bestimmung einzuhalten; Temp-Verlauf dokumentieren inkl. Zuordnung von TOC, RC (TOC400)	FBU, Forum-AU	HBU

II.8.2 **Summarische Parameter Eluate, Perkolate, Wässer**

Tab.II.8.2 Summarische Parameter Eluate, Perkolate, Wässer

Lfd. Nr.	Parameter	Materialtyp	Probenaufarbeitung	Verfahren	Kurzbeschreibung	UAG der Norm	UAG im Feststoff	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
1	Phenol-index	Perkolat/ Eluat		DIN 38409-16 (06/1984)	Photometrisches Verfahren ohne und mit Destillation Photometrie	Niedrig belastete Wässer bis 150µg/L (H16-2); mäßig belastete Wässer bis 10 mg/l (H16-3)	Anwendungsbereich nicht für Eluate/ Perkolate, da auf Trinkwasseranalytik ausgelegtes Verfahren (H16-1); Mangelnde Selektivität der Verfahren; bedingt durch zugrundeliegende Kupplungsreaktion	Methode aufgrund großer Leistungsschwächen nicht mehr anwenden Bestimmung der neu definierten Phenole (Einzelkomponenten) berücksichtigen		DepV FMA HBU
	Phenol-index	Eluat		DIN 38409 - 16 - 2 (06/1984)	Photometrie nach Destillation/ Farbstoffextraktion	0,01 mg/l		störanfälliges Verfahren; nur für Voruntersuchungen geeignet; i. d. R. nicht relevant für die Abfallbeurteilung		LAGA M20 DepV FMA
	Phenol-index	Eluat		DIN 38409 - 16 - 3 (06/1984)	Photometrie nach Destillation	0,1 mg/l		störanfälliges Verfahren; nur für Voruntersuchungen geeignet; i. d. R. nicht relevant für die Abfallbeurteilung		DepV FMA

Tab.II.8.2 Summarische Parameter Eluate, Perkolate, Wässer

Lfd. Nr.	Parameter	Materialtyp	Probenaufarbeitung	Verfahren	Kurzbeschreibung	UAG der Norm	UAG im Feststoff	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
	Phenol-index	Eluat		DIN EN ISO 14402 (12/1999)	Fließinjektionsanalyse (FIA bzw. CFA)	0,01 mg/l		störanfälliges Verfahren; nur für Voruntersuchungen geeignet; i. d. R. nicht relevant für die Abfallbeurteilung		LAGA-M20 DepV FMA
2	DOC zwischen pH 7,5 und 8	Eluat		DIN EN 1484 (08/1997)	Filtration < 0,45µm Elutionsverfahren sind nicht für DOC validiert	a) Elution gemäß LAGA EW98p b) DOC-Best. gemäß DIN EN 1484 nach vorheriger Filtration < 0,45µm				HBU FMA
3	DOC	Eluat		DIN EN 1484 (08/1997)	Oxidation zu Kohlendioxid, Detektion z.B. mit IR-Spektroskopie	0,3 mg/l		Ersetzt DIN 38409-3 (06/1983)		DepV LAGA M20 FMA HBU
4	Extrahierbare lipophile Stoffe	Wasser		DIN 38409-56 (06/2009) („H56“)	Extraktion mittels Petroleter; Gravimetrische Bestimmung nach Extraktion und Verdampfung des Lösungsmittels			Für alle Elutions-/ Perkolationsverfahren ungeeignet; Ausnahme: DIN 19529 (12/2015) Seit 12/2015 zurückgezogen; ersetzt durch DIN ISO 11349 (12/2015)		

Tab.II.8.2 Summarische Parameter Eluate, Perkolate, Wässer

Lfd. Nr.	Parameter	Materialtyp	Probenaufarbeitung	Verfahren	Kurzbeschreibung	UAG der Norm	UAG im Feststoff	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
	Extrahierbare lipophile Stoffe	Wasser		E-DIN ISO 11349 (08/2015)	Extraktion mittels Petroleter; Gravimetrische Bestimmung nach Extraktion und Verdampfung des Lösungsmittels			Für alle Elutions-/ Perkolationsverfahren ungeeignet; Ausnahme: DIN 19529 (12/2015) Ersetzt DIN 38409-56 (06/2009)		
5	AOX	Eluat	DIN 38409-14 (03/1985) Abschn. 8.2.2 Säulenmethode	DIN 38409 Teil14 (03/1985)	Adsorbierbare organisch gebundene Halogene im Eluat (AOX)	Arbeitsbereich: 10 - 300 µg/l		Mangelnde Selektivität bezüglich umweltrelevanter halogenorganischer Verbindungen; fehlende Aussagekraft des Parameters bzgl. Chlororganischer Verbindungen; Miterfassung von Chloriden		LAGA M20
6	AOX	Wasser		DIN EN ISO 9562 (02/2005)	Adsorbierbare organisch gebundene Halogene in Wasserproben (AOX)			Mangelnde Selektivität bezüglich umweltrelevanter halogenorganischer Verbindungen; fehlende Aussagekraft des Parameters bzgl. Chlororganischer Verbindungen; Miterfassung von Chloriden	FBU	HBU

II.9 Biologische Verfahren

II.9.1 Allgemeines

In biologischen Testverfahren nutzt man die Fähigkeit spezifisch ausgewählter Organismen, unter standardisierten Bedingungen auf Schadstoffbelastungen mit einer Veränderung ihrer Lebensfunktion zu reagieren. Die Sensitivität biologischer Testorganismen gegenüber toxischen Abfallbestandteilen kann signifikant von einer Art zur anderen abweichen. Die Kombination unterschiedlicher Testverfahren in einer so genannten Testbatterie muss daher Organismen einschließen, die zu verschiedenen trophischen Ebenen gehören und somit eine Annäherung an die ökologischen Funktionen der Testorganismen ermöglichen. Dabei sollten die Testverfahren über unterschiedliche Wirkungskriterien verfügen und neben der akuten auch die chronische Toxizität und die Gentoxizität abdecken. An die im praktischen Vollzug einzusetzenden Testverfahren werden zusätzlich verschiedene Anforderungen gestellt, wie z.B. eine standardisierte Testvorschrift, eine ausreichende Sensitivität, eine gute methodische Handhabbarkeit und Wirtschaftlichkeit. Darüber hinaus ist es zwingend notwendig, dass Erfahrungen über die besonderen Anforderungen bei der Untersuchung von Abfällen und Abfalleluaten im jeweiligen Testsystem vorliegen.

Für die ökotoxikologische Bewertung von Abfällen sollten Eluat- und Feststoffuntersuchungen kombiniert werden, um so mögliche Wirkungen auf aquatische und terrestrische Ökosysteme abzuschätzen. Für die in Tabellen Tab.II.9.3 und Tab.II.9.4 aufgelisteten Testverfahren liegen ausreichend Erfahrungen für die Identifikation umweltgefährlicher Abfälle vor. Bei der Bewertung des Umweltrisikos von Abfällen zur Verwertung kann die Testauswahl durch weitere Verfahren ergänzt werden, um so die möglichen Wirkungspfade abbilden zu können.

Methodische Besonderheiten - Probe

Abfallproben unterliegen nach ihrer Probenahme häufig chemischen, physikalischen und biologischen Veränderungen. Bei Abfällen, die mit biologischen Verfahren bewertet werden sollen, sind derartige Veränderungen zu berücksichtigen bzw. durch eine Anpassung der Probenahme- und -behandlungsbedingungen so anzupassen, dass ihr Einfluss auf das Ergebnis des Biotests minimiert werden kann. Ein Zusatz konservierender Zusätze zur Verzögerung der chemischen und biologischen Abläufe ist nicht gestattet.

Für die biologische Untersuchung ist eine Lagerungsdauer des Probenmaterials von maximal 2 Monaten bei $4 \pm 2^\circ\text{C}$ einzuhalten. Sollte eine längere Lagerung erforderlich sein, kann die begleitende Untersuchung abfallspezifischer Eigenschaften die Stabilität der Abfallprobe belegen.

Zur ökotoxikologischen Charakterisierung im Biotest bzw. zur Herstellung der Abfalleluate muss die Korngröße von mindestens 95% des zu untersuchenden Abfalls kleiner 4mm sein. Eine möglicherweise notwendige Trocknung des Materials kann unterschiedliche Eigenschaften des Abfalls verändern, daher darf die Trocknungstemperatur nicht über 40° C liegen.

II.9.2 **Spezielle Verfahren zur Bestimmung der Abbaubarkeit (GB₂₁, AT₄)**

Tab.II.9.2 Spezielle Verfahren zur Bestimmung der Abbaubarkeit (GB₂₁, AT₄)

Lfd. Nr.	Parameter	Materialtyp	Probenaufarbeitung	Verfahren	Kurzbeschreibung	UAG der Norm	UAG im Feststoff	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
1	Atmungsaktivität (AT ₄ -Test)	Abfall	Einstellung eines definierten Feuchtegehaltes mittels Nutsche im Wasserstrahlvakuum	Anhang 4, lfd. Nr. 3.3.1 DepV	Messung der Sauerstoffzehrung an der angefeuchteten Probe bei 20°C unter Verwendung eines Drucksensors. Aufnahme der Druckkurve 3 h nach Durchlaufen der Lag-Phase; Versuchsdauer 96 h			Materialien mit niedrigen assimilierbaren C _{org.} -Gehalten; inhibierend wirkende Inhaltsstoffe 3 Parallelversuche erforderlich		DepV
2	Gasbildungspotential (GB ₂₁)	Abfall, Schlämme	Einstellung eines definierten Feuchtegehaltes mittels Nutsche im Wasserstrahlvakuum	DIN 38414-8 06/1985 präzisiert durch Anhang 4, lfd. Nr. 3.3.2 (DepV)	Die Bestimmung der Gasbildung (CH ₄ -Bildung) erfolgt an einer mit Impfschlamm versetzten Probe bei 37°C nach Durchlaufen der Lag-Phase. Die Versuchsdauer beträgt 21Tage			Materialien mit niedrigen assimilierbaren C _{org.} -Gehalten; inhibierend wirkende Inhaltsstoffe 3 Parallelversuche erforderlich		DepV HBU
3	Faulverhalten	Schlamm, Abfall		DIN 38414-8 (06/1985)	Gärtest, Bestimmung des Faulverhaltens von Schlämmen			Bestimmung des abbaubaren org. Kohlenstoffs	FBU	HBU

II.9.3 **Terrestische Verfahren**

Die Untersuchung von Abfallproben im Biotest sieht eine Testung der Probe in Verdünnungsreihen vor. Die Anforderungen an das Verdünnungsmedium werden maßgeblich von den Anforderungen der Testorganismen bestimmt. Aus diesem Grund sind in den jeweiligen Testmethoden geeignete Verdünnungssubstrate beschrieben. Eine kurze Übersicht gibt auch Tabelle II.10.2. In terrestrischen Testsystemen werden die Abfallproben z.B. mit künstlichem Boden, Standardboden oder Quarzsand verdünnt. Sowohl für die Kontrolle als auch für die Verdünnungsreihe ist das gleiche Medium zu verwenden. Eine Anpassung des pH-Wertes erfolgt nicht.

Tab.II.9.3 Terrestrische Verfahren

Lfd. Nr.	Testmethode	Norm	Testorganismus	Zu Prüfende Kenngröße	Prüfsubstrat	Validitätskriterien	Referenztestung	Einschränkungen
1	Bodenbeschaffenheit – Wirkungen von Schadstoffen auf Regenwürmer (<i>Eisenia fetida</i>) – Teil 1: Verfahren zur Bestimmung der akuten Toxizität unter Verwendung von künstlichem Bodensubstrat	DIN ISO 112681-1 (06/1997)	<i>Eisenia fetida/andrei</i>	Mortalität, Biomasse	Künstlicher Boden	Kontrolle: Mortalität < 10%, Verlust an Biomasse ≤ 20%	Chloracetamid	Einstellung und Kontrolle der Wasserhaltekapazität bei manchen Abfallarten schwierig, empfindliche Reaktion auf pH-Wert > 8,5
2 *	Bodenbeschaffenheit – Bestimmung der Wirkung von Schadstoffen auf die Bodenflora – Teil 2: Wirkung von Stoffen auf den Auflauf und das Wachstum	DIN ISO 11269-2 (09/2006)	mind. 1 monokotyle und 1 dikotyle Pflanze; Empfehlung <i>Avena sativa</i> , <i>Brassica rapa</i>	Auflauf, Wachstum (Trocken- oder Frischgewicht)	Standardboden, Boden	Auflaufrate von ≥ 70% in der Kontrolle	Borsäure, Natriumtrichloracetat	
3 *	Feststoffkontakttest mit <i>Arthrobacter globiformis</i>	DIN 38412-48 (09/2002)	<i>Arthrobacter globiformis</i>	Enzymaktivität der Dehydrogenase	Quarzsand, künstlicher Boden, Boden	Zunahme der Fluoreszenz > 5%; Hemmung von 30-80% in Limittests mit zwei Referenzchemikalien	Benzalkoniumchlorid, Zink	

Tab.II.9.3 Terrestrische Verfahren

Lfd. Nr.	Testmethode	Norm	Testorganismus	Zu Prüfende Kenngröße	Prüfsubstrat	Validitätskriterien	Referenztestung	Einschränkungen
4	Bodenbeschaffenheit - Vermeidungsprüfung zum Prüfen der Bodenbeschaffenheit und der Auswirkungen von Chemikalien auf das Verhalten - Teil 1: Prüfung mit Regenwürmern (<i>Eisenia fetida</i> und <i>Eisenia andrei</i>)	ISO/DIS 17512-1: (09/2007)	<i>Eisenia fetida/andrei</i>	Fluchtverhalten	Künstlicher Boden, Boden	Kontrolle: Mortalität < 10%, Verteilung in „dualen“ Tests im Bereich 60 : 40%	Borsäure	
5	Hemmung der Reproduktion von Collembolen (<i>Folsomia candida</i>) durch Schadstoffe	DIN 11267 (06/2001)	<i>Folsomia candida</i>	Reproduktion (Anzahl der Jungtiere)	Künstlicher Boden, Boden	Kontrolle: Mortalität < 20%, Vermehrungsrate ≥ 100 Jungtiere: Variationskoeffizient < 30%	Phenmedipham, Parathion	HBU

Die jeweils mit * gekennzeichneten Verfahren stellen einen geeigneten Basis-Testfächer dar, der zur Einstufung von Abfällen empfohlen wird.

II.9.4 Aquatische Testverfahren (Eluate, Perkolate, Wässer)

Die Abgabe wasserlöslicher Bestandteile aus dem Abfall wird als Hauptmechanismus einer potenziellen Umweltgefährdung von Abfällen gesehen. Ziel der Elutionsverfahren ist es daher, einen wässrigen Extrakt herzustellen, der die Bestimmung der ökotoxischen Eigenschaften der wassereluierbaren Bestandteile des Abfalls ermöglicht. Zur Herstellung der Abfalleluate sind standardisierte Methoden anzuwenden, die auf nationalen oder internationalen Normen basieren. Aufgrund der Komplexität der Elutionsprozesse sind Vereinfachungen in der Testvorschrift erforderlich.

Die Abfalleluate müssen unmittelbar nach ihrer Herstellung untersucht werden. Eine Untersuchung der Eluate binnen 72 h ist zulässig, wenn diese bei 2-5 °C im Dunkeln gelagert werden. Abfalleluate für die biologische Untersuchungen dürfen nicht durch die Zugabe von Konservierungsmittel oder durch Einfrieren stabilisiert werden. Die Untersuchung der Abfalleluate mittels Biotestverfahren hat ohne eine Einstellung des pH-Werts zu erfolgen.

Anmerkung: Dies ist dann problematisch, wenn der pH im nicht physiologischen Bereich der Testorganismen liegt: Bei pH-Werten außerhalb des Bereiches von 6-9 können die Tests nach Einstellung des Bereiches von 6,8 bis 7,2 wiederholt werden.

Für aquatische Testverfahren werden die Abfalleluate mit dem jeweiligen testspezifischen Verdünnungswasser versetzt und in einer geometrischen Verdünnungsreihe mit dem Faktor 2 im Biotest untersucht (s. Abschnitt II.9.5).

Tab.II.9.4 Aquatische Testverfahren (Eluate, Perkolate, Wässer)

Lfd. Nr.	Testmethode	Norm	Testorganismus	Zu Prüfende Kenngröße	Verdünnungs-medium	Validitätskriterien	Referenztestung	Einschränkungen
1 *	Wasserbeschaffenheit – Bestimmung der Hemmung der Beweglichkeit von <i>Daphnia magna</i> Straus (Cladocera, Crustacea) – Akuter Toxizitäts-Test	DIN EN ISO 6341 (01/2013) In Verbindung mit Anhang F	<i>Daphnia magna</i>	Immobilisation	Synthetisches Süßwasser ist Oberflächen-/Grundwasser vorzuziehen	Kontrollversuch: Mortalität $\leq 10\%$, O ₂ -Konzentration $\geq 40\%$ -Sättigung EC ₅₀ (Referenz) 0,6-2,1 mg/l	Kaliumdichromat	Anwendung in stark salzhaltigen Eluaten eingeschränkt, Sauerstoffgehalt darf Mindestgehalt nicht unterschreiten
2 *	Wasserbeschaffenheit: Süßwasseralgen-Wachstumshemmtest mit <i>Desmodesmus subspicatus</i> und <i>Pseudokirchneriella subcapitata</i>	DIN EN ISO 8692 (06/2012) In Verbindung mit Anhang A	<i>Desmodesmus subspicatus</i> , <i>Pseudokirchneriella subcapitata</i>	Wachstumsrate	Wachstumsmedium	Kontrollwachstumsrate der Kontrolle $> 1,4/d$ Anstieg des pH-Werts ≤ 1.5 während des Tests, Variationskoeffizient der Kontrollen $\leq 5\%$	Kaliumdichromat, 3,5-Dichlorphenol	Anwendung in gefärbten, getrübbten oder stark salzhaltigen Eluaten eingeschränkt, nicht anwendbar bei flüchtigen Eluatbestandteilen, eingeschränkter Einsatz bei mehr als 30 mg/l NH ₄ im Eluat
3 *	Wasserbeschaffenheit – Bestimmung der Hemmwirkung von Wasserproben auf die Lichtemission von <i>Vibrio fischeri</i> (Leuchtbakterientest)	DIN EN ISO 11348-1, -2, -3 (05/2009) In Verbindung mit Anhang B	<i>Vibrio fischeri</i>	Hemmung der Lichtemission nach 30 min	2% NaCl-Lösung	Korrekturfaktor zwischen 0,6 und 1,8 Abweichungen der Parallelansätze; Kontrolle u. G-Stufe $\leq 3\%$ Hemmung (Referenz) 20% -80%	3,5-Dinitrophenol, Zinksulfat, Kaliumdichromat	Keine Anwendung in getrübbten Eluaten und in Eluaten außerhalb des pH-Neutralbereichs (6,0-8,5), unterschiedliche Empfindlichkeit aufgrund der Anzuchtart
4	Wasserbeschaffenheit - Bestimmung des erbgut-verändernden Potentials in Wasser und Abwasser mittels umu-Test	ISO 13829 (03/2000) oder DIN 38415-3 (12/1996)	<i>Salmonella typhimurium</i> TA 1535/psK1002	Geninduktion	Nährmedium (TGA)	Mindestwachstum der Negativkontrolle = 140 FNU Wachstumsfaktoren $\geq 0,5$ IR (Referenz) ≥ 2	4-Nitro-quinolin-N-Oxid, 2-Aminoanthracen	Anwendung in gefärbten, getrübbten oder stark salzhaltigen Eluaten eingeschränkt,

Tab.II.9.4 Aquatische Testverfahren (Eluate, Perkolate, Wässer)

Lfd. Nr.	Testmethode	Norm	Testorganismus	Zu Prüfende Kenngröße	Verdünnungs-medium	Validitätskriterien	Referenztestung	Einschränkungen
5	Wasserbeschaffenheit –Bestimmung der toxischen Wirkung von Wasserinhaltsstoffen und Abwasser gegen- über Wasserlinsen (Lemmaminor)- Was- serlinsen	DIN EN ISO 20079 (12/2006) in Verbindung mit Anhang B	<i>Lemmnar minor</i>	Hemmung der Wachstumsrate (Frondanzahl)	Nährmedium modif. Steinberg bzw. bei Metallen Medien nach Anhang A	Wachstumsrate der Kontrolle $\geq 0,275/d$ EC ₅₀ (Referenz) 2,2-3,8 mg/l (Stein- bergmedium)	3,5-Dichlorphenol	Alternativer Pflanzen- wachstumstest bei stark getrübbten oder gefärbten Eluaten. Bei Wachstum in Stein- berg-Medium pH-Wert der Proben auf $5,5 \pm 0,2$ einstellen

Die jeweils mit * gekennzeichneten Verfahren stellen einen geeigneten Basis-Testfächer dar, der zur Einstufung von Abfällen empfohlen wird.

II.9.5 Auswertung von Biotests und Ergebnisinterpretation

Die ökotoxikologische Charakterisierung der Abfallprobe basiert auf den Ergebnissen der Testansätze in der Verdünnungsreihe. Hierbei wird diejenige Verdünnungsstufe bestimmt, die im Sinne des jeweiligen Tests keinen negativen Einfluss auf die Testorganismen ausübt und damit unter der jeweils testspezifischen Wirkschwelle liegt. Das Testergebnis wird dann als Wert der Verdünnungsstufe angegeben und als G-Wert oder LID (lowest ineffective dilution) bezeichnet.

Die Biotestergebnisse sind nur gültig, wenn die im jeweiligen Test genannten Validitätskriterien eingehalten wurden. Diese Mindestanforderungen beziehen sich i.d.R. auf Sensitivität der Organismen und die Qualität der Testdurchführung.

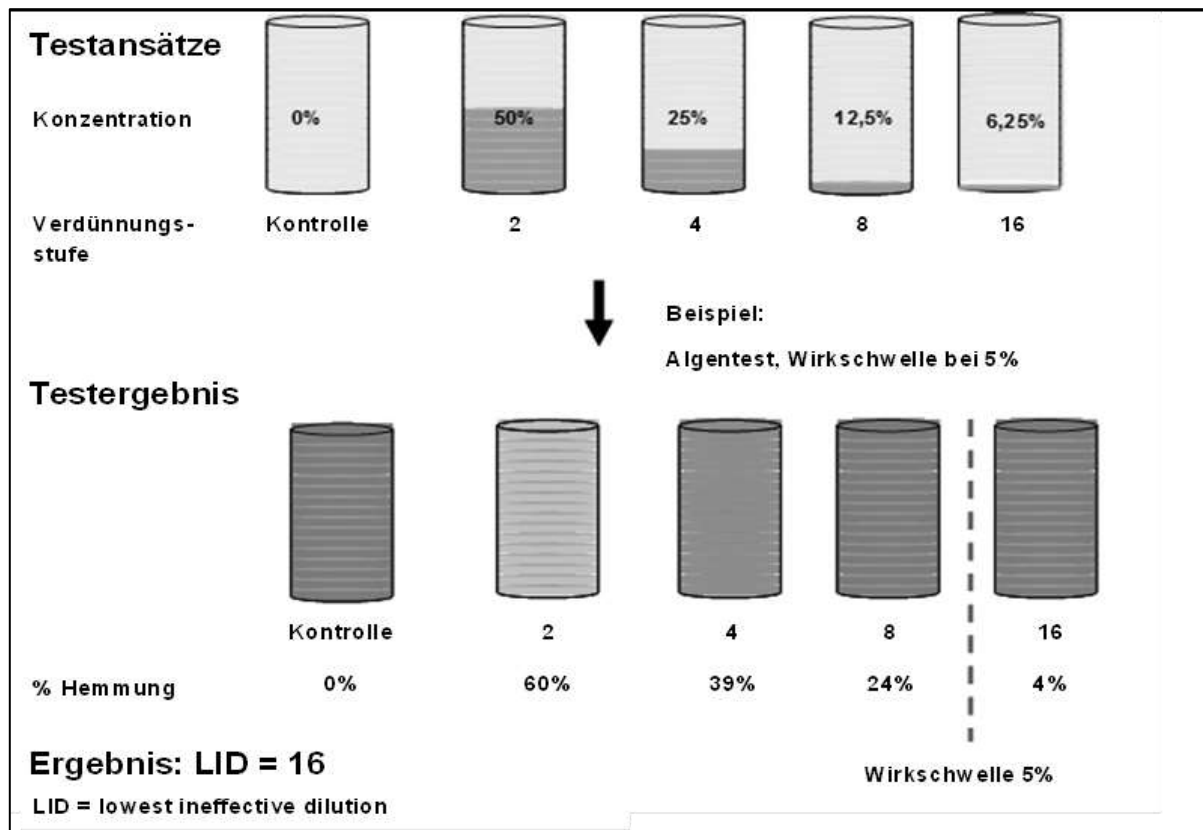


Abb.II.9.5;1: Ermittlung des Testergebnisses im Biotest

II.10 Angabe von Analysenergebnissen und Messunsicherheiten

Die allgemeine Messunsicherheit ist bei chemischen Bodenuntersuchungen für den Vollzug der Bundes-Bodenschutz- und -Altlastenverordnung entsprechend dem gleichnamigen im Bundesanzeiger aufgeführten Papier des Fachbeirates Bodenuntersuchung (FBU) des BMU vom März 2008 anzugeben.

Tab.II.10 Angabe von Analyseergebnissen und Messunsicherheiten

Lfd. Nr.	Parameter	Verfahren	Materialtyp	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
1	Messunsicherheit	DIN 1319-3 (05/1996)				BBodSchV HBU
2	Messunsicherheit	DIN 1319-4 (12/1985)			sollte ersetzt werden durch: DIN 1319-4 (02/1999)	BBodSchV HBU
3	Messunsicherheit	DIN 1319-4 (02/1999)			FBU	BBodSchV HBU
4	Messunsicherheit	DIN ISO 11352 (03/2013)			FBU	HBU
5	Messunsicherheit	DIN 38402-51 (11/2012)	Wasser			HBU
6	Messunsicherheit	DIN 38402-60 (13/2013)	Wasser			

II.11 Beurteilung der Stoffverteilungen in Haufwerken

Ausgangslage

Feste Abfälle sind in der Regel heterogen zusammengesetzt und weisen Schwankungen in der stofflichen Zusammensetzung auf. In einer Grundmenge können daher Bestandteile mit hohen und niedrigen Schadstoffgehalten nebeneinander auftreten. Als Grundmenge wird die im konkreten Fall anstehende Materialmenge bezeichnet, die räumlich und/oder zeitlich abgrenzbar ist. Abzutrennen davon sind erkennbare Belastungsherde (hot spots), die separat zu beproben und zu bewerten sind.

Die Gewinnung einer repräsentativen Probe ist bei der Heterogenität von Abfällen in der Regel nicht möglich. Deshalb ist eine Beprobung so durchzuführen, dass die charakteristischen Merkmale und die Schwankung der Zusammensetzung des Abfalls, die für die Wahl des Entsorgungsweges maßgeblich sind, erfasst werden.

Dies bedeutet, dass es nicht zulässig ist, z.B. Proben nur dort zu entnehmen und zu Misch- und Sammelproben zusammenzustellen, wo anhand äußerlicher Merkmale des Abfalls eine geringe Belastung erkennbar ist, oder entnommene Einzelproben oder deren Analyseergebnisse nicht zu berücksichtigen.

Im Text der PN 98 wird dazu ausgeführt, dass Proben zu gewinnen sind, deren Eigenschaften weitestgehend den Durchschnittseigenschaften der Gesamtmenge des Prüfguts entsprechen. Eine Einzelprobe, deren Eigenschaften deutlich oberhalb oder unterhalb der Durchschnittseigenschaften liegen, charakterisiert nicht den gesamten Abfall.

Die Untersuchungsergebnisse der Laborproben sollen letztlich die gesamte Grundmenge charakterisieren. Wenn sich signifikant unterschiedliche Werte ergeben, ist zunächst zu prüfen, ob sich alle Ergebnisse auf die gleiche Grundmenge beziehen bzw. ob sich innerhalb einer Grundmenge Anteile mit unterschiedlicher Stoffzusammensetzung befinden. Sollte dies der Fall sein, ist zu prüfen, ob eine getrennte Beprobung und Entsorgung dieser Anteile erforderlich ist.

Die Anwendung dieser Messwertbeurteilung im Rahmen gesetzlicher und untergesetzlicher Regelwerke ist nur in soweit möglich, wie dies im Einklang mit den dort getroffenen Festlegungen und deren Zielsetzungen steht. Die Anwendung erstreckt sich somit nicht auf die, an verschiedenen Chargen/Haufwerken beispielsweise gemäß DepV durchzuführenden Überprüfungen und Kontrolluntersuchungen, sondern ausschließlich auf die Beurteilung von mehreren Proben aus einem Haufwerk. Insofern werden die Vorgaben der DepV hinsichtlich der Zulässigkeit von Überschreitungen nicht davon berührt.

Ansatz zur Beurteilung

In den verschiedenen Umweltbereichen gibt es unterschiedliche Ansätze für die Beurteilung der Einhaltung von Grenzwerten, z.B. die 4 von 5-Regel im Abwasserbereich.

Vorgaben zur Beurteilung der Messwerte von Abfällen liegen bisher nur in Einzelfällen vor, z.B. bei der Prüfung der Kontrollanalysen auf Deponien oder zu Überschreitungen der Grenzwerte der Klärschlammverordnung.

Gegenstand der folgenden Ausführungen ist ein Ansatz zur Beurteilung bei Vorliegen mehrerer Analysenwerte für ein Haufwerk. Der Beurteilungsansatz basiert auf den folgenden Voraussetzungen:

- keine Vermischung von Abfällen unterschiedlicher Zusammensetzung mit dem Ziel der Veränderung von Schadstoffgehalten,
- Beprobung des Haufwerks nach den Vorgaben der LAGA-RL PN 98,
- Erhalt der Verteilung der Ausprägung der Merkmale des Haufwerks bei der Gewinnung der Laborproben.

Ein Grenzwert¹⁴ gilt als eingehalten, wenn die obigen Voraussetzungen und mindestens eine der nachfolgenden Bedingungen erfüllt ist:

- **alle Messwerte der Laborproben unterschreiten den Grenzwert oder**
- **der Mittelwert (M) und 80 % (4 von 5-Regel) aller Laborproben (LP) unterschreiten den Grenzwert oder**
- **der Mittelwert zuzüglich der ermittelten Streuung des Mittelwerts unterschreitet den Grenzwert (statistischer Ansatz).**

¹⁴ Grenz-, Zuordnungswert

Berechnungsgrundlagen für die statistische Streuung

Die Streuung des Mittelwertes der Laborproben ergibt sich zu

$$1,65 \cdot \frac{S_{LP}}{\sqrt{n}}$$

Der Grenzwert gilt dann als eingehalten, wenn:

$$M + 1,65 \cdot \frac{S_{LP}}{\sqrt{n}} \leq \text{Grenzwert}$$

LP	Laborprobe
n	Anzahl der LP der beprobten Grundmenge
M	Mittelwert aus n Einzelwerten der Analyse der n LP
S_{LP}	Standardabweichung der n Einzelwerte der Analyse von n LP (sie schließt die Innerlabor-Standardabweichung mit ein)
$\frac{S_{LP}}{\sqrt{n}}$	Standardabweichung des Mittelwertes der Analyse von n LP
$M \pm 1,65 \cdot \frac{S_{LP}}{\sqrt{n}}$	1,65-fache Standardabweichung des Mittelwertes der Analyse von n LP; Vertrauensbereich (einseitige Fragestellung) 95 % für große Probenzahlen

Fallbeispiele

Tab.II.11;1: Einhaltung eines Grenzwertes von 50 für je 9 Laborproben (LP) aus 7 Haufwerken mit einer Grundmenge von 500 m³

	Halde 1	Halde 2	Halde 3	Halde 4	Halde 5	Halde 6	Halde 7
LP 1	49,3	45,9	47,7	48,9	48,9	1,0	47,7
LP 2	49,7	42,8	44,2	45,1	45,1	52,4	49,0
LP 3	40,7	44,2	52,3	37,3	37,3	55,5	52,3
LP 4	45,1	51,5	38,0	49,0	39,0	5,7	48,6
LP 5	41,1	38,1	50,8	44,7	44,7	2,3	56,8
LP 6	48,5	46,5	48,6	41,4	41,4	55,6	48,6
LP 7	46,3	42,6	44,7	102,0	91,0	50,6	47,5
LP 8	49,4	39,6	45,1	40,1	40,1	5,2	45,1
LP 9	46,6	46,4	35,0	45,7	45,7	48,5	49,0
Mittelwert:	46,3	44,2	45,1	50,5	48,1	30,8	49,4
n	9	9	9	9	9	9	9
S _{LP}	3,45	4,01	5,66	19,71	16,49	25,95	3,34
S _{LP} %	7,4%	9,1%	12,5%	39,1%	34,3%	84,3%	6,8%
$1,65 * \frac{S_{LP}}{\sqrt{n}}$							
	1,90	2,21	3,11	10,84	9,07	14,27	1,84
$M + 1,65 * \frac{S_{LP}}{\sqrt{n}}$							
	48,2	46,4	48,3	61,3	57,2	45,0	51,2
alle Werte < 50	ja	nein	nein	nein	nein	nein	nein
4 von 5 Regel eingehalten	ja	ja	nein	nein	ja	nein	nein
Mittelwert + Streuung < 50	ja	ja	ja	nein	nein	ja	nein

In Tabelle II.11;1 werden Untersuchungsergebnisse von Laborproben aus verschiedenen Haufwerken gezeigt. An diesen Fallbeispielen wird die Anwendung der drei Bewertungskriterien auf Untersuchungsergebnisse aus Haufwerksbeprobungen dargestellt.

Die kommentierten Prüfergebnisse sind Tabelle II.11;2 zu entnehmen.

Tab.II.11;2: Prüfergebnisse mit Kommentaren für die Fallbeispiele „Halde 1 bis 7“

Halden Nr.	Kommentar zur Anwendung des Bewertungsansatzes	Prüfergebnis
Halde 1	Alle Messergebnisse liegen unterhalb des Grenzwertes	GW eingehalten
Halde 2	Ein Wert liegt oberhalb des GW, der Mittelwert unterschreitet den GW. Die Bedingung der 4 von 5 Regel und des statistischen Ansatzes werden erfüllt.	GW eingehalten
Halde 3	Zwei Werte liegen oberhalb des GW, der Mittelwert unterschreitet den GW. Die Bedingung der 4 von 5 Regel wird nicht erfüllt, da zwei Überschreitungen erst ab 10 Werten zulässig sind. Der statistische Ansatz wird erfüllt.	GW eingehalten
Halde 4	Ein Wert liegt oberhalb des GW, der Mittelwert überschreitet den GW. Die Bedingung der 4 von 5 Regel wird wegen Überschreitung des Mittelwerts nicht erfüllt. Die Bedingung des statistischen Ansatzes wird nicht erfüllt.	GW nicht eingehalten
Halde 5	Ein Wert liegt oberhalb des GW, der Mittelwert unterschreitet den GW. Die Bedingung der 4 von 5 Regel wird erfüllt. Die Bedingung des statistischen Ansatzes wird nicht erfüllt.	GW eingehalten
Halde 6	Vier Werte liegen oberhalb des GW, der Mittelwert unterschreitet den GW. Die Bedingung der 4 von 5 Regel wird nicht erfüllt. Der statistische Ansatz ist erfüllt. Der Beurteilungsansatz basiert jedoch auf den Voraussetzungen, dass – keine Vermischung von Abfällen unterschiedlicher Zusammensetzung mit dem Ziel der Veränderung von Schadstoffgehalten erfolgt – und der Erhalt der Merkmalsverteilung des Haufwerks bei der Gewinnung der Laborproben gewährleistet ist. Die vorliegenden Ergebnisse deuten auf eine zweigipfelige Verteilung in den Laborproben hin. Es bestehen Zweifel, dass die erhaltenen Untersuchungsergebnisse die tatsächliche Merkmalsverteilung in der Halde abbilden. Durch geeignete Maßnahmen ist dieses zu überprüfen.	weiterer Prüfbedarf
Halde 7	Zwei Werte liegen oberhalb des GW, der Mittelwert unterschreitet den GW. Die Bedingung der 4 von 5 Regel wird nicht erfüllt, da zwei Überschreitungen erst ab 10 Werten zulässig sind. Der statistische Ansatz wird nicht erfüllt.	GW nicht eingehalten

II.12 Beurteilung der Vollständigkeit und Qualität von Gutachten bzw. Prüfberichten

Einleitung

In einem Gutachten erfolgt die Dokumentation und Bewertung der durchgeführten Untersuchungen und der erhaltenen Untersuchungsergebnisse. Gutachten bzw. Analysenergebnisse werden von Auftraggebern oder Behördenmitarbeitern gemeinhin genutzt, um weitreichende Entscheidungen zu treffen. Für die Entscheidungsfindung ist sicherzustellen, dass die Untersuchungsergebnisse die richtige Qualität aufweisen. Die Untersuchungsergebnisse sind ein wesentlicher Bestandteil eines Gutachtens und werden in einer übersichtlichen Form dargestellt. Die Untersuchungsergebnisse werden i.d.R. von einem Labor (Untersuchungsstelle) produziert und in einem Prüfbericht dokumentiert. Der Prüfbericht eines akkreditierten bzw. notifizierten Labors muss die Forderungen der Norm DIN EN ISO/IEC 17025 erfüllen. Alle weiteren zum Erhalt der Ergebnisse notwendigen Tätigkeiten sind in entsprechenden Dokumenten, wie Lage-, Probenahmeplan, Probenahmeprotokoll, Laborprobenbegleitprotokoll, in geeigneter Form im Gutachten zu dokumentieren.

Aktuell ist der Wissenstand bei Auftraggebern, Behörden und Gutachtern zum Stellenwert von Probenahmeplan, Probenahmeprotokoll und Laborprobenbegleitprotokoll recht lückenhaft. Die im Folgenden dokumentierte Entscheidungshilfe zur Bewertung von Gutachten und Prüfberichten soll den Behörden aber auch den Auftraggebern helfen, mit einfachen Mitteln zu erkennen wie belastbar ein vorgelegtes Untersuchungsergebnis bzw. ein Messwert ist.

Eine Bewertung von (Labor-)Prüfberichten kann hinsichtlich der Erfüllung der Forderungen der DIN EN ISO/IEC 17025 erfolgen, wobei dies stichpunktartig durch die Deutsche Akkreditierungsstelle (DAkKS) im Rahmen der Kompetenzüberprüfung durchgeführt wird. Fachlich kann eine Prüfung der zur Untersuchung verwendeten Analysenverfahren durch Vergleich mit gesetzlichen Vorgaben erfolgen.

Qualitätsstufen für Gutachten und Prüfberichte

Die Bewertung eines Gutachtens soll die Ermittlung und Beurteilung des Grades der Erfüllung vorgegebener Zielvorstellungen für das zu untersuchende Bewertungsobjekt darstellen. Dabei ist zu bewerten, ob die einschlägigen Qualitätsanforderungen erfüllt sind. Hieraus können sich Anregungen für mögliche bzw. Forderungen nach notwendigen Verbesserungen ergeben (**Tab.II.12;1 und II.12;2**). In Anlehnung an Ratingskalen, die im Rahmen von Bonitätsprüfungen verbreitet sind, werden folgende Qualitätsstufen unterschieden:

Qualitätsstufe A

Ein Gutachten bzw. Untersuchungsergebnisse mit der Qualitätsstufe A besitzt(en) eine hohe Aussagekraft im Hinblick auf die konkrete Fragestellung und Belastbarkeit der Untersuchungsergebnisse.

Qualitätsstufe B

Untersuchungsergebnisse bzw. Gutachten mit der Qualitätsstufe B zeichnen sich durch eine durchschnittliche Belastbarkeit der Ergebnisse bzw. Gutachtenqualität aus. Bei solchen Untersuchungsergebnissen/Gutachten können z. B. Analysenergebnisse von den „tatsächlichen“ Werten erheblich abweichen, wenn Faktoren wie Laborprobenbegleitprotokolle nach DIN 19747 oder Laborprüfberichte im vorgelegten Gutachten nicht vorhanden sind. Es ist z.B. unklar, ob die Gesamtprobe oder nur das Feinmaterial untersucht wurde.

Qualitätsstufe C

Bei Untersuchungsergebnissen bzw. Gutachten mit der Qualitätsstufe C besteht die Gefahr, dass an der falschen Stelle, mit den falschen Methoden (z.B. Nichtverwendung von Premiumverfahren) oder auf die falschen Parameter untersucht wurde. Das Ergebnis stellt lediglich eine Möglichkeit dar und ist oftmals als Zufallsbefund zu werten. Die Ergebnisse sind **nicht belastbar bzw. bewertbar**, wenn in einem Prüfbericht/Gutachten in einer Rubrik die Qualitätsstufe C festgestellt wurde. Die Erfahrung zeigt, dass fast alle Projekte, die auf vorgenutzten Flächen scheiterten, an mangelhaft durchgeführten und dokumentierten Untersuchungen krankten. Kostenexplosionen bei der Entsorgung und lange Baustillstandszeiten standen in keinem Verhältnis zu den eingesparten Gutachterkosten.

Auftraggeber und Behörden, die bereit sind ein Gutachten/Prüfberichte der Stufe C zu akzeptieren, gehen ein hohes Risiko ein. Untersuchungsberichte bzw. Gutachten können nur herangezogen werden, wenn die fehlenden Informationen noch ergänzt werden können.

Tab.II.12;1 Checkliste - Vollständigkeitsprüfung von Gutachten zur Abfalleinstufung

Gutachten:

Autor:

Datum:

	Bestandteile des Gutachtens	vorhanden	Nicht vorhanden → resultierende Qualitätsstufe	Bemerkungen
1	Veranlassung/Fragestellung/Untersuchungsziel	☐	☐ → B	
2	Informationen über den Abfall liegen vor, z. B.: - Typische Zusammensetzung vergleichbarer Abfälle aus ABANDA - konkrete Entstehungsgeschichte im Betrieb, Besonderheiten - bei mineralischen Abfällen zusätzlich Bauschadstoffe, geogene Belastungen und nutzungsbedingte Kontaminationen	☐	☐ → C	
3	Probenahmestrategie (stoffliche Charakterisierung/Hot Spot/Qualitätssicherung),	☐	☐ → B	
4	Probenahmeplan: Festlegung der Parameter und Analysemethoden anhand des Entsorgungszieles (z.B. DepV, LAGA), maßstäblicher Lageplan, Festlegung der Beprobungsorte, Festlegung von Probenvorbehandlung, Probenmengen, Probenbehältern	☐	☐ → C (Bei Probenahme durch Sachkundigen)	Wenn der Fachkundige die Probe nimmt, können diese Punkte auch im Rahmen des Probenahmeprotokolls dokumentiert werden.
5	Probenahmeprotokoll: Dokumentation von Abweichungen zum Probenahmeplan, sorgfältige Beschreibung von Grundgesamtheit und Probe. Wurden alle relevanten Punkte, die nach LAGA PN98 gefordert werden, dokumentiert?	☐	☐ → C	
6	Laborprobenbegleitprotokoll nach DIN 19747*	☐	☐ → C	
7	Dokumentation der Stabilisierung der Proben, korrekte Lagerung/Kühlung*	☐	☐ → B bis C	
8	Prüfberichte des Labors	☐	☐ → C	
9	Bewertung der Messergebnisse	☐	☐ → B bis C	
10	Anwendung der Premiumverfahren der Methodensammlung Feststoffuntersuchung	☐	☐ → B bis C	

* Sofern alle Proben gleich behandelt wurden, ist ein Dokument stellvertretend für alle Proben ausreichend.

Qualitätsstufen:

A: vollständig
B: ausreichend
C: ungenügend

Im Hinblick auf die konkrete Fragestellung ein gut bewertbares Gutachten
Im Hinblick auf die konkrete Fragestellung ein Gutachten, das nur unter Inkaufnahme erheblicher Unsicherheiten bewertet werden kann.
Hinweise auf grundsätzlich falsche Vorgehensweisen liegen vor. **Ergebnisse sind nicht bewertbar.**

Tab.II.12;2 Checkliste zur Vollständigkeitsprüfung von Prüfberichten zwecks Beurteilung der Qualität von Untersuchungsergebnissen bei der Gefährdungsabschätzung von altlastverdächtigen Flächen und Altlasten sowie der Untersuchung von Flächen mit Verdacht auf schädliche Bodenveränderungen.

	Einflussfaktoren auf die Qualität von Untersuchungsergebnissen	vorhanden	Nicht vorhanden → resultierende Qualitätsstufe	Bemerkungen/ evtl. Aufwertung durch:
1	Veranlassung/Fragestellung/Untersuchungsziel	☐	☐ → B	
5	Probenahmeprotokoll	☐	☐ → C	Richtiger Ort? Richtiges Haufwerk?
6	Laborprobenbegleitprotokoll nach DIN 19747	☐	☐ → B	
7	Dokumentation der Stabilisierung der Proben, korrekte Lagerung	☐	☐ → B bis C	Das Nicht -Überführen von Untersuchungsmaterial in Methanol beim Umgang mit LHKW- und BTEX-haltigen Proben führt zur Abwertung nach C !
10	Anwendung der Premiumverfahren der Methodensammlung Feststoffuntersuchung	☐	☐ → B bis C	

Qualitätsstufen:

A: vollständig
B: ausreichend
C: ungenügend

Im Hinblick auf die konkrete Fragestellung und das Untersuchungsziel eine gut einschätzbare Ergebnisqualität.

Im Hinblick auf die konkrete Fragestellung ein Gutachten, das nur unter Inkaufnahme erheblicher Unsicherheiten bewertet werden kann.

Es besteht die Gefahr, dass an entscheidender Stelle durch Anwendung leistungsschwacher Methoden fehlerhaft untersucht wurde. Die **Ergebnisse sind nicht belastbar**.

III Anhänge

III A.1 Untersuchungs- und fachtechnische Grundlagen

III A.1.1 Glossar

Die Begrifflichkeiten wurden bewusst allgemeinverständlich gehalten, um einem breiten Nutzerkreis Rechnung zu tragen.

Validierte Verfahren

In Ringversuchen auf Zuverlässigkeit, Präzision und Robustheit getestete Verfahren.

Selektive Analysenmethoden

Als selektive Analysenmethoden bezeichnet man Verfahren, bei denen sichergestellt ist, dass das Analysensignal ausschließlich von dem zu bestimmenden Stoff/Bestandteil und nicht von den Begleitsubstanzen (Matrix) hervorgerufen wird.

Beispiel: Bei der photometrischen Untersuchung wässriger Proben auf Chromat/Dichromat mittels Diphenylcarbazid muss sichergestellt sein, dass das Analysensignal nur von der Farbreaktion mit dem zu untersuchenden Stoff stammt und nicht (auch) von der Eigenfärbung der Matrix (z. B. Huminstoffe).

Untere Anwendungsgrenze

Die untere Anwendungsgrenze (UAG) gibt die kleinste quantifizierbare Konzentration oder Gehalt eines Analyten an, der mit einem bestimmten Analysenverfahren unter Anwendung der vollständigen Arbeitsvorschrift ermittelt werden kann. Sie hängt insbesondere vom Einfluss der Stör- bzw. Begleitkomponenten (Matrix) ab.

Die Bestimmungsgrenze

Die Bestimmungsgrenze (BG) gibt die kleinste Konzentration oder den Gehalt eines Stoffes in einer **idealen Probe** an, die mit einer Analysenmethode unter Anwendung der vollständigen Arbeitsvorschrift quantifiziert werden kann.

Die Nachweisgrenze

Die Nachweisgrenze (NWG) gibt die kleinste Konzentration oder den Gehalt eines Stoffes in einer **idealen Probe** an, die mit einer Analysenmethode unter Anwendung der vollständigen Arbeitsvorschrift detektiert werden kann.

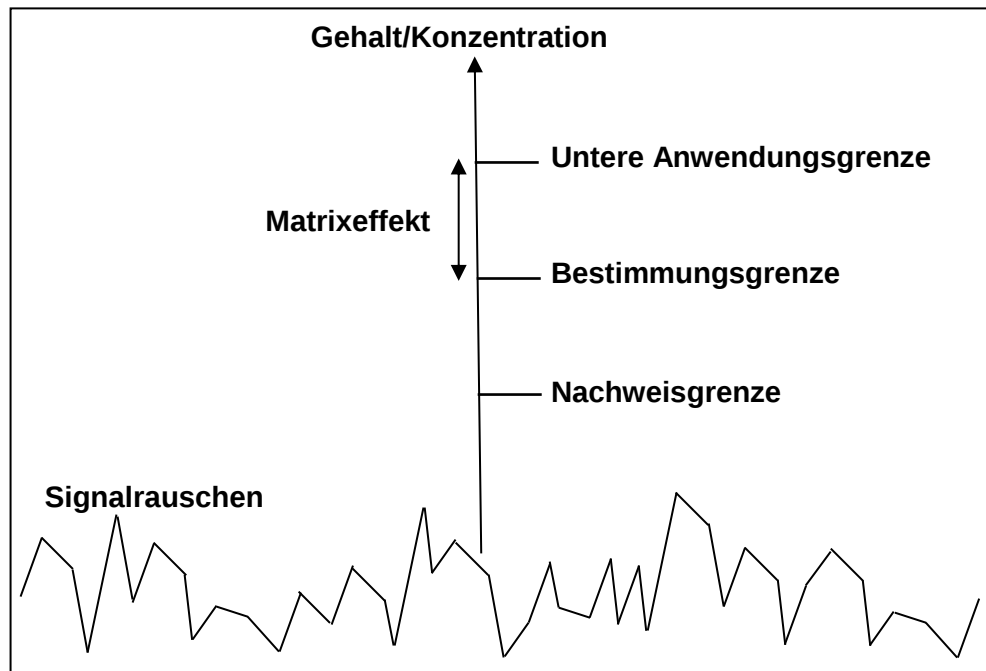


Abb. III A.1.1;1: Graphische Erläuterung der Begrifflichkeiten Nachweisgrenze, Bestimmungsgrenze und untere Anwendungsgrenze

Ergebnisunsicherheit¹⁵

Die Beurteilung und der Vergleich von Untersuchungsergebnissen erfordern ein Maß für ihre Verlässlichkeit. Dieses Maß wird als Unsicherheit bezeichnet. Sie ist definiert als „ein dem Ergebnis zugeordneter Parameter, der die Streuung der Werte kennzeichnet, die vernünftigerweise der Messgröße zugeordnet werden könnte“. Beim Vergleich von Untersuchungsergebnissen, insbesondere zur Überwachung von Grenzwerten, ist die Angabe der Unsicherheit eine wichtige Kenngröße zur Bewertung des Untersuchungsergebnisses.

Quellen für die Unsicherheit von Untersuchungsergebnissen sind u. a.:

- die Eigenschaften des untersuchten Objekts (z.B. Heterogenität des Prüfguts bzw. die inhomogene Verteilung der Merkmalsträger),
- die Probenahme/Probenaufbereitung,
- das angewandte Mess-/Prüfverfahren inklusive der Unsicherheit der zertifizierten Referenzwerte, die der Messung zugrunde liegen (Messunsicherheit).

Um ein Messverfahren zu charakterisieren, werden die Begriffe Präzision und Richtigkeit verwendet (vgl. Abb.III A.1.1;2).

¹⁵ Für weitergehende Informationen zu diesem Thema wird verwiesen auf: „Leitfaden zur Ermittlung von Messunsicherheiten bei quantitativen Prüfergebnissen“ (Deutsche Ausgabe des EUROLAB Technical Report 1/2006 „Guide to the Evaluation of Measurement Uncertainty for Quantitative Test Results“) und die dort genannte Literatur

Präzision

Qualitatives Maß für statistische (zufällige) Fehler (z. B. Ablese- und Interpolierfehler, Pipettier- und Wägefehler).

Richtigkeit

Übereinstimmung des Messwertes mit einem als richtig akzeptierten Wert. Systematische Fehler eines Messverfahrens können z. B. durch Untersuchung mit mehreren physikalisch unabhängigen Analysemethoden oder den Einsatz zertifizierter Standardreferenzmaterialien erkannt werden.

		PRÄZISION	
RICHTIGKEIT		gut	schlecht
	gut		
	schlecht		

Abb. III A.1.1;2: Schießscheibenmodell zur Verdeutlichung der Begriffe Präzision und Richtigkeit

Hinweise auf die Unsicherheit der validierten Analyseverfahren sind den jeweiligen Normen zu entnehmen. Bei Abfalluntersuchungen wird das Ausmaß der Unsicherheit des ermittelten Analyseergebnisses nicht allein durch die Untersuchung im Labor, sondern vor allem durch die inhomogene Stoffverteilung und die heterogene Zusammensetzung des Untersuchungsmaterials bestimmt.

III A.1.2 Status von Normen und Richtlinien

Normen enthalten technische Regelungen und haben per se keine rechtliche Verbindlichkeit. Sie werden erst verbindlich, wenn der Gesetz- bzw. Verordnungsgeber sie beispielsweise in

Gesetzen oder Verordnungen zitiert. Sie erlangen auch rechtliche Bedeutung, wenn sie der Ausfüllung des unbestimmten Rechtsbegriffs „Stand der Technik“ dienen.

Normen zur Umweltanalytik werden im nationalen (DIN/VDI-Richtlinien), europäischen (CEN) und internationalen Rahmen (ISO) erarbeitet. Der Werdegang der Normung und der Stellenwert sind in Abb.III A.1.2;1 dargestellt.

Im nationalen Bereich besitzen für abfallbezogene Fragestellungen die LAGA-Richtlinien besondere Bedeutung. Deren Werdegang ist in Abb.III A.1.2;2 dargestellt. Die Richtlinien und Merkblätter der LAGA konkretisieren abfallrechtliche Vorgaben und gehen in diesem Belang etwaigen Aussagen in technischen Normen oder allgemeinen technischen Richtlinien vor.

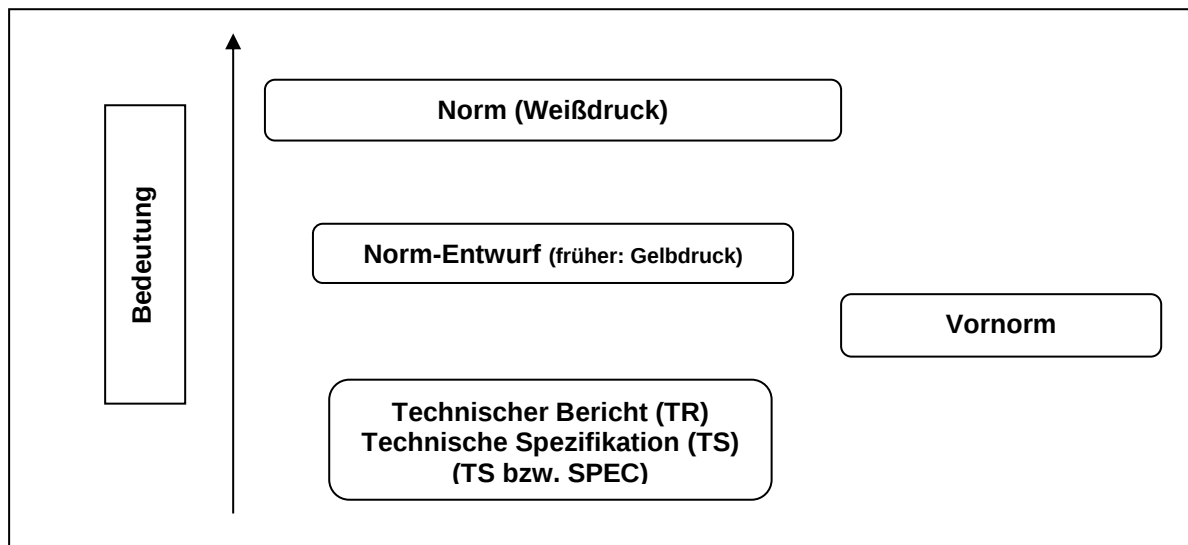


Abb.III A.1.2;1: Hierarchie von Normen

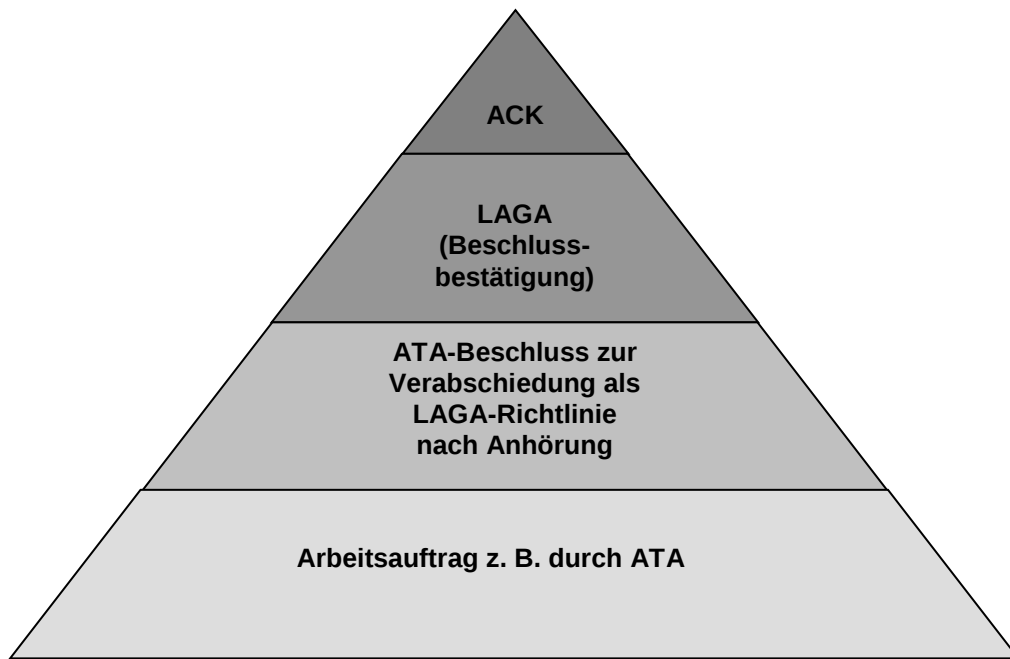


Abb.III A.1.2;2: Werdegang einer LAGA-Richtlinie

Die LAGA erarbeitet Richtlinien, Technische Regeln und Merkblätter (Mitteilungen) zur Abfalluntersuchung für die Vollzugspraxis. Die Erarbeitung erfolgt z. B. auf Beschluss des Abfalltechnik-Ausschuss (ATA) der LAGA. Der Arbeitsauftrag über zu erarbeitende Richtlinien, Technische Regeln und Merkblätter wird an Ländervertreter vergeben. Entwürfe von LAGA-Richtlinien werden nach Anhörung zu beteiligender Kreise durch den zuständigen „Hauptausschuss“ über die LAGA-Vollversammlung der Amtschefkonferenz (ACK) vorgelegt und bei Bestätigung den Bundesländern zur Einführung empfohlen.

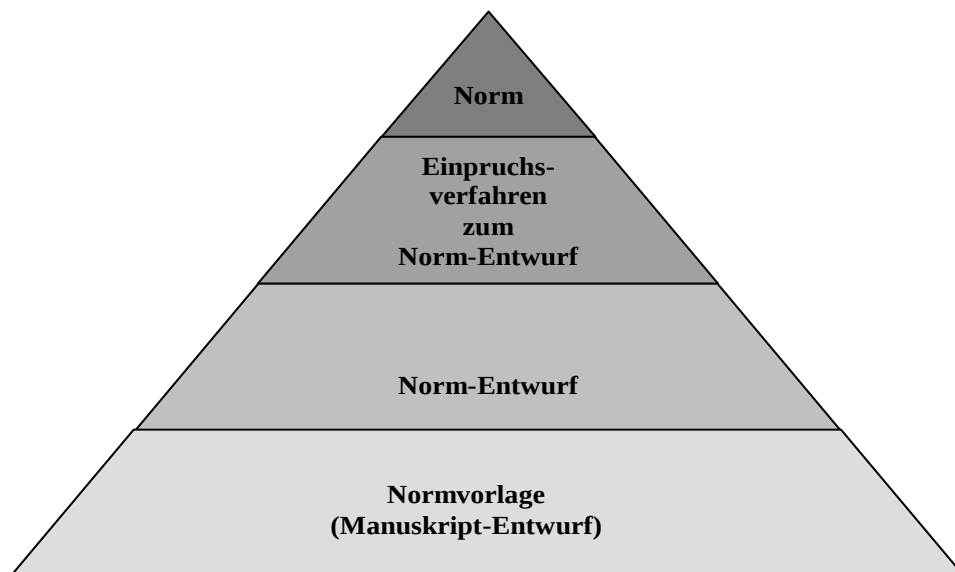


Abb.III A.1.2;3: Werdegang einer Norm

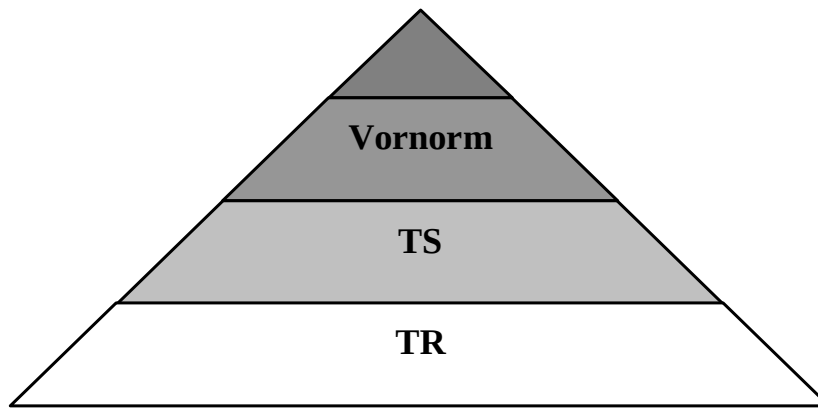


Abb.III A.1.2;4: Pränormative Dokumente und technische Berichte

Den Werdegang einer Norm vom Manuskript-Entwurf bis zur verabschiedeten Norm ist in Abb. I.3-3 dargestellt. Außer den „klassischen Normen“ existieren noch sog. pränormative Dokumente und Technische Spezifikationen (TS bzw. SPEC) sowie technische Berichte (TR):

DIN CEN/TR,
DIN CEN/TS,
DIN ISO/TS,
DIN SPEC,
ISO TR.

Ihre Bedeutung darf **nicht** mit verabschiedeten Normen gleichgesetzt werden, sie besitzen lediglich informativen Charakter (s. a. Abb.III A.1.2;4).

**Technische Spezifikationen (TS, SPEC) und Technical Reports (TR) erfahren i. d. R.
keine Methodenvalidierung!**

Es gibt bisher nur wenige Analyseverfahren, die explizit für die Untersuchung von Abfällen entwickelt und validiert wurden. Auf europäischer Ebene werden zwar derzeit vermehrt Analyseverfahren für den Matrixtyp „Abfall“ erarbeitet, jedoch müssen häufig zur Abfalluntersuchung noch Normen aus den Matrixbereichen Boden, Schlämme und Sedimente herangezogen werden, die für den Anwendungsbereich "Abfalluntersuchung" nicht validiert sind. Vor einer Übertragung dieser Verfahren auf feste Abfälle oder verunreinigtes Bodenmaterial müssen deshalb grundsätzlich mögliche abfallspezifische Matrixinterferenzen geprüft werden. Verwendete Bezeichnungen für Normen sind hier:

DIN,
DIN EN,
DIN EN ISO,
DIN EN ISO/IEC,
DIN ISO,
ISO.

Überdies sind Dokumente mit der Zusatzkennung „Entwurf“ (kurz: E) zu finden. Vielfach wird das „E“ hierbei vorangestellt.

III A.1.3 Angabe von Analysen- und Untersuchungsergebnissen

Grundlage für die Angabe von Analysenergebnissen ist DIN EN ISO/IEC 17025:2005-08 und DIN 38402:2011-09. Bei einzelnen Kenngrößen sind die normenspezifischen Festlegungen zu beachten.

Ein **vollständiger Prüfbericht** beinhaltet folgende Punkte:

- Probenart (Materialtyp, Matrix z. B. natives Bodenmaterial, Bauschutt)
- Probenahmeprotokoll
- Vorbehandlung (s. Protokoll Anhang A DIN 19747)
- Probenvorbereitung (Anzahl der (Einzelproben (EP), Mischproben (MP), Sammelproben (SP), Laborproben (LP), Parallelproben (PP), Rückstellproben (RSP))
- Parameter
- Zu ermittelnde Messgröße (Konzentration, Gehalt)
- Zahlenwert der ermittelten Messgröße (Einzelwert, Mittelwert)
- Messunsicherheit mit dem Erweiterungsfaktor k
- Einheit (bezogen auf Originalsubstanz oder Trockenmasse)
- Analysenverfahren
- Bestimmungsgrenze

Beispiel:

Probenbezeichnung	Parameter	Spezifikation	Zahlenwert der Messgröße	Erweiterte Messunsicherheit	Erweiterungsfaktor(k)	Messgröße/Einheit	Analysenverfahren	Bestimmungsgrenze
z.B. Labornr.	MKW	C ₁₀ – C ₂₂	350	50	2	Gehalt/ mg/kg TM	DIN EN 14039	40

Analysenergebnisse müssen konsistent mit der angegebenen Messunsicherheit sein. Die Größe der Messunsicherheit (i.d.R. 2 signifikante Stellen) legt fest, bis zu wie vielen Stellen ein Analysenergebnis angegeben werden darf. In der Regel wird die erweiterte Messunsicherheit mit k = 2 der Rundung zu Grunde gelegt.

Beispiel: Angabe der Analysenergebnisse mit Messunsicherheit (k = 2)

richtig: Cadmium: 5,32 mg/kg ± 0,45 mg/kg

falsch: Cadmium: 5,623 mg/kg ± 0,73 mg/kg

richtig: Blei: 5,6 mg/kg ± 0,7 mg/kg

falsch: Blei: 5,6 mg/kg ± 0,734 mg/kg

Angabe von Analysenergebnissen unterhalb der Bestimmungsgrenze

Liegt der ermittelte Wert für eine Messgröße unterhalb der Bestimmungsgrenze (BG) ist i.d.R. die folgende Form der Ergebnisangabe im Analysenbericht ausreichend:

Wert der Messgröße < Wert der Bestimmungsgrenze

Beispiel: Cadmium < 0,1 mg/kg TM

Der angegebene Wert ist die ermittelte Bestimmungsgrenze. Für den Fall, dass mit den Ergebnissen weitere Berechnungen erforderlich sind, können weitere Angaben notwendig werden. Ergebnisse unterhalb der Bestimmungsgrenze können wie folgt angegeben werden:

Fall	Angabe des Ergebnisses	Bedeutung
Gehalt kleiner als Nachweisgrenze	n.n. (NG) Beispiel: n.n. (10 mg/kg TM)	nicht nachgewiesen (Nachweisgrenze)
Gehalt größer gleich Nachweis- und kleiner als Bestimmungsgrenze	n.b. (Zahlenwert und Einheit; BG) Beispiel: n.b.(15 mg/kg TM; 30 mg/kg TM)	nachgewiesen, nicht bestimmbar (Ergebnisangabe; Bestimmungsgrenze)
Gehalt größer gleich Bestimmungsgrenze	Zahlenwert und Einheit mit Messunsicherheit	nachgewiesen und quantifiziert
Messgröße nicht ermittelt	n.a.	nicht analysiert

Der Wert unterhalb der „BG“ stellt eine Bandbreite dar.
Dieses ist bei Auswertungen unbedingt zu berücksichtigen!

Angabe von Ergebnissen im Fall von weiteren Rechnungen mit Gehalten kleiner als die Bestimmungsgrenze

Werte kleiner als die Bestimmungsgrenze (BG) können im Extremfall durch die Werte Null oder den Wert der Bestimmungsgrenze ersetzt werden.

Dies kann in der Praxis bei Berechnungen oftmals Probleme bereiten, insbesondere im Fall der Summenbildung.

Für Summenberechnungen aus Werten kleiner als die Bestimmungsgrenze findet man sowohl die Berechnungsmethode mit der einfachen Angabe „< Summenwert“, wobei der Summenwert die Summe der einzelnen Bestimmungsgrenzen ist als auch die Angabe eines möglichen Wertebereichs (Untergrenze bis Obergrenze). Zur Ermittlung der Untergrenze gehen dabei die „kleiner-als“-Werte als Null ein, zur Berechnung der Obergrenze gehen die Werte der Bestimmungsgrenzen als Zahlenwerte ein. Da diese Berechnungsergebnisse oftmals die Basis für wichtige Entscheidungen darstellen, muss ein geeignetes Substitutionsverfahren gewählt werden.

PCB-Kongenere	BG [mg/kg]	Bsp.1[mg/kg]	Bsp.2[mg/kg]	Bsp.3[mg/kg]
28	0,1	1,2	< 0,1	<0.1
52	0,1	1,6	< 0,1	<0.1
101	0,1	2,3	2,3	<0.1
138	0,3	5	0,4	<0,3
153	0,3	3,7	<0,3	<0,3
180	0,3	2,9	0,5	<0,3
Summe PCB		16,7	3,2 bis <3,7	0 bis <1,2

III A.2 Nutzungs- und Wirkungspfadspezifische Feststoffprobenahmeregeln

III A.2.1 Nutzungsorientierte Beprobungstiefe für Untersuchungen des Wirkungspfad des Boden-Mensch und Boden-Grundwasser

Nutzungsorientierte Beprobungstiefe bei Untersuchungen zu den Wirkungspfaden Boden-Mensch und Boden-Nutzpflanze		
Wirkungspfad	Nutzung	Beprobungstiefe [cm]
Boden-Mensch (Ingestion)	Kinderspielfläche, Wohngebiet	0- 10 ¹⁾ 10-35 ²⁾
	Park- und Freizeitanlage	0- 10 ¹⁾
	Industrie und Gewerbegrundstücke	0- 10 ¹⁾
Boden-Nutzpflanze	Ackerbau, Nutzgarten	0-30 ³⁾ 30-60
	(Grünflächen)	0-10 ⁴⁾ 10-30

¹⁾Kontaktbereich für orale und dermale Schadstoffaufnahme, zusätzlich 0-2 cm bei Relevanz des inhalativen Aufnahmepfades; relevante Feinfraktion bis 63µm

²⁾30 cm: durchschnittliche Mächtigkeit aufgebracht Bodenschichten; zugleich max. von Kindern erreichbare Tiefe

³⁾Bei abweichender Mächtigkeit des Bearbeitungshorizontes bis zur Untergrenze des Bearbeitungshorizontes

⁴⁾ Bei abweichender Mächtigkeit des Hauptwurzelbereiches bis zur Untergrenze des Bearbeitungshorizontes

III A.2.2 Wirkungspfadorientierte Probenahme für den Pfad Boden-Mensch, Boden-Nutzpflanze und Boden-Grundwasser

Wirkungspfadorientierte Probenahme (Beprobungsfläche bzw. Tiefe und Mindestprobenanzahl)	
Wirkungspfad	Flächengröße [ha] und Probenanzahl
Boden-Nutzpflanze	Gleichmäßige Bodenbeschaffenheit und einheitlicher Nutzung: Regelfall: bei 10 ha mindest. von 3 Teilflächen 1MP entsprechender Tiefen mit 15-25 EP pro Teilfläche und MP; Flächen < 5 ha ohne Teilflächenbildung für PN
Boden-Grundwasser	ungesättigte Zone: Horizont- und schichtspezifische Beprobung, PN bei Auffälligkeiten; mindest. 1MP pro laufenden Meter
Boden-Mensch	Bei Annahme von gleichmäßiger Schadstoffverteilung über einer Fläche sind auf Flächen bis 10.000m² für jeweils 1.000m² mindestens von drei Teilflächen eine Mischprobe aus 15-25 Einzelproben zu gewinnen.

III A.3 Grundsätzliche Betrachtungen zu Elutions-/ Perkolationsverfahren

III A.3.1 Elutionsversuche mit dest. Wasser

Um die mobilitätsbestimmenden Faktoren bei Elutionsverfahren (Schütteltests) mit wässrigen Lösungen zu verdeutlichen werden drei Elutionsmethoden hinsichtlich ihrer wesentlichen Unterschiede vergleichend gegenübergestellt.		
Schütteltest DIN EN 12457- 4	Schütteltest DIN 38414-4 ¹⁶ (S4)	Schütteltest DIN EN 12457-1
100 g Feststoff	100 g Feststoff	100 g Feststoff
1000 ml aq. dest.	1000 ml aq. dest.	200 ml aq. dest.
Feststoff-/Flüssigkeitsverhältnis 1:10	Feststoff-/Flüssigkeitsverhältnis 1:10	Feststoff-/Flüssigkeitsverhältnis 1:2
24 Stunden Schütteln	24 Stunden Schütteln	24 Stunden Schütteln
Zentrifugieren	Zentrifugieren	Zentrifugieren
Membranfiltration	Membranfiltration	Membranfiltration
Im Allgemeinen hängt der Mobilisierungsprozess von der „Bindungsform“ der zu eluierenden Stoffe und dem „Kontaktmedium“ (wässrige Phase) ab. Sorptiv gebundene Spezies werden i. d. R. durch Verdrängungsprozesse mobilisiert. Die Mobilisierung phasengebundener Stoffe (Sulfide, Carbonate, Hydroxide etc.) hingegen wird durch das Löslichkeitsprodukt und die Kinetik des Löseprozesses bestimmt. In Gitterverbänden eingebaute Spezies von z.B. hochgeglühten Schlacken sind unter „gängigen Elutionsbedingungen“ kaum mobilisierbar. Leichtlösliche Spezies (z.B. Alkali- oder Erdalkalihalogenide) sind i. d. R. gut mobilisierbar. Ihr Mobilitätsverhalten wird ausschließlich durch ihre Löslichkeit ($\neq$ Löslichkeitsprodukt) im wässrigen Medium bestimmt. Wesentlich für die Eluierbarkeit ist das Elutionsmittel. Ein weiterer Einflussfaktor für das Lösevermögen sind die Milieubedingungen (z.B. pH-Wert, Temperatur, Kontaktzeit). Bereits durch den Löseprozess freigesetzte Salze wirken auf noch phasengebundene Metalle mobilisierungsfördernd (z. B. durch die Bildung von Chlorokomplexen). Bei Versuchen mit kleineren Feststoff-/Flüssigkeitsverhältnissen oder bei Eluierungsversuchen mit hochsalinen Grubenwässern ist diese mobilisierungsfördernde Wirkung primär zu beobachten. Bei Elutionsuntersuchungen an grobkörnigen bzw. monolithischen Materialien bestimmen Diffusionsprozesse die Lösevorgänge maßgeblich.		

¹⁶ Norm in 12/2014 zurückgezogen

III A.3.2 Elutionsverfahren mit wässrigen Lösungen mit Zusätzen sowie Extraktionsverfahren

Um die relevanten Unterschiede zwischen den drei Elutions-/Extraktionsverfahren und die damit zusammenhängende unterschiedliche Aussagefähigkeit deutlich zu machen, werden die wesentlichen charakteristischen Einzelschritte der drei Verfahren in der folgenden Übersicht gegenübergestellt.		
Bodensättigungsextrakt (BSE)	Ammoniumnitrat-Extrakt (DIN 19730)	pH-stat-Versuch LAGA EW 98p
250 g Boden (empfohlen)	20 g Boden	100 g Feststoff
Zugabe von aq. dest. unter ständigem Rühren bis zur Sättigung	50 ml 1M Ammoniumnitrat-Lösung	1 L aq. dest.
Feststoff-Flüssigkeitsverhältnis abhängig von der Wasserkapazität der Probe (ca. 1: 0,4 bis 1:0,7)	Feststoff-Flüssigkeitsverhältnis 1:2,5	Feststoff-/Flüssigkeitsverhältnis 1:10
Rühren	2 Stunden Schütteln	24 h Rühren unter pH-Wert-Kontrolle (pH4; pH11)
Zentrifugieren	15 min. Absetzen	Zentrifugieren
Membranfiltration	Membranfiltration	Membranfiltration
Der wesentliche Unterschied des Schütteltests nach „S4“ (s. A 3.1) zum BSE ist, dass beim „S4 Verfahren“ ca. 15-25 mal so viel Wasser eingesetzt wird und die Suspension nicht gerührt, sondern 24 Stunden geschüttelt wird. Die dabei auftretende Gefügezerstörung ist beim „S4“ infolge des großen Wasserangebotes und des Schüttelns wahrscheinlich viel intensiver als beim BSE, so dass es trotz vielfacher Verdünnung insbesondere bei humusreichen/bindigen Bodenproben oft zu höheren Konzentrationen im Eluat kommt, als im BSE.		
Der eigentliche Einsatzbereich des Ammoniumnitrat-Extraktes (AN) liegt in der Bewertung des Transfers von Nährstoffen und Schwermetallen vom Boden in die Pflanze. Im Gegensatz zum BSE und „S4-Eluat“ wird bei der Ammoniumnitrat-Extraktion nicht mit reinem Wasser eluiert, sondern mit einer 8%-igen Salzlösung (1-molare Ammoniumnitrat-Lösung) extrahiert. Der pH-Wert einer 1-molaren Ammoniumnitrat-Lsg. beträgt ca. 4,6. Das im Vergleich zu wässrigen Eluaten saure Milieu begünstigt das Löseverhalten verschiedener Komponenten. Die Ionen dieser Salzlösung bewirken zudem durch Ionenaustausch eine teilweise Desorption der an den Bodenpartikeln adsorbierten Stoffe, so dass nicht nur das rein „Wasserlösliche“, sondern auch ein Teil des kurz- bis mittelfristig Mobilisierbaren in Lösung gebracht wird. Die hohe Elektrolytkonzentration der Suspension wirkt andererseits dispersionshemmend und setzt damit wahrscheinlich die Membranfiltergängigkeit von Kolloiden herab.		
Der pH-stat-Versuch gemäß LAGA EW 98p wird i.d. R. bei pH4 und pH11 durchgeführt. Diese Versuchsdurchführung trägt dem Umstand Rechnung, dass Elemente teilweise eine erhebliche Mobilisierbarkeit im sauren und/oder alkalischen pH-Bereich besitzen. Dieser Versuch trägt auch dem Sachverhalt hierbei Rechnung, dass die Freisetzung der Elemente aus dem Feststoff erst nach Erschöpfung der puffernd wirkenden festen Phasen wie z.B. Oxohydraten, Carbonaten oder Alumosilikaten eintritt. Die Erschöpfung der Pufferkapazität, ausgedrückt als Säureneutralisationskapazität (kurz: ANC), wird durch Verwendung einer z.B. 0,1 molaren Salpetersäure mit einer pH-Wertkontrolle auf pH4 durchgeführt. Hierbei werden puffernd wirkende Substanzen gelöst und Elemente unter diesen worst-case-Bedingungen frei gesetzt. Aus dem Verbrauch der Salpetersäure kann die ANC in mmol/kg ermittelt werden, womit Hinweise auf das Freisetzungspotential von pH-abhängig mobilisierbaren Elementen erhalten werden.		

III A.3.3 Perkulationsversuche mit dest. Wasser

Um die relevanten Unterschiede zwischen den drei Perkulationsverfahren und die damit zusammenhängende unterschiedliche Aussagefähigkeit deutlich zu machen, werden die wesentlichen charakteristischen Einzelschritte der drei Verfahren in der folgenden Übersicht gegenübergestellt.

Säulenversuch DIN 19528	Säulenversuch ISO 21268-3	Säulenversuch CENTS 14405
Körnigkeit: $\leq 32\text{mm}$	Körnigkeit: $<4\text{mm}$	Körnigkeit: $<4\text{mm}$
Säulendurchmesser: 5-10cm	Säulendurchmesser: 5-10cm	Säulendurchmesser: 5-10cm
Elutionsmittel: dest. Wasser 2h Sättigung; direkter Versuchsstart	Elutionsmittel: dest. Wasser 48h Sättigung	Elutionsmittel: dest. Wasser 72h Sättigung
L/S: 0,3; 1; 2; 4;	L/S: 0,1; 0,2; 0,5; 1; 2; 5; 10;	L/S: 0,1; 0,2; 0,5; 1; 2; 5; 10;
Kontaktzeit: 5h	Kontaktzeit: variabel	Kontaktzeit: variabel
Anorganik: Zentrifugation Filtration: $0,45\mu\text{m}$ Organik: $\leq 100\text{ FNU}$	Anorganik: Zentrifugation Filtration: $0,45\mu\text{m}$	Anorganik: Zentrifugation Filtration: $0,45\mu\text{m}$ Organik: $\leq 100\text{ FNU}$

Ein Säulen(Perkulations-)versuch dient bei einem $L/S=2$ der Sickerwasserprognose (DIN 19528).

Mit einer Sickerwasserprognose soll eine Bewertung der von Verdachtsflächen ausgehenden Gefahren für das Grundwasser über den Wirkungspfad Boden-Grundwasser erfolgen.

Die BBodSchV definiert als „Sickerwasserprognose“ unter §2, Abs. 5 die „Abschätzung der von einer Verdachtsfläche, altlastverdächtigen Fläche, schädlichen Bodenveränderung oder Altlast ausgehenden oder in überschaubarer Zukunft zu erwartenden Schadstoffeinträge über das Sickerwasser in das Grundwasser, unter Berücksichtigung von Konzentrationen und Frachten und bezogen auf den Übergangsbereich von der ungesättigten zur wassergesättigten Zone.“

III A.4 Versuch zur Ermittlung der Entzündlichkeit im Kontakt mit Wasser

1. Vorgehensweise

1.1. Einleitung

Diese Prüfmethode kann angewendet werden, um festzustellen, ob die Reaktion eines Stoffes mit Wasser oder feuchter Luft zur Entwicklung gefährlicher Mengen von leichtentzündlichen Gasen führt.

Das Verfahren kann sowohl für feste als auch für flüssige Stoffe angewendet werden. Dieses Verfahren gilt jedoch nicht für Stoffe, die sich bei Berührung mit Luft selbst entzünden.

1.2. Definitionen und Einheiten

Leichtentzündlich: Stoffe, die bei Berührung mit Wasser oder feuchter Luft leichtentzündliche Gase in gefährlichen Mengen (mindestens $1 \text{ l/kg} \cdot \text{h}$) entwickeln.

1.3. Prinzip der Methode

Die Prüfsubstanz wird in der nachfolgend beschriebenen Reihenfolge geprüft; erfolgt auf irgendeiner Stufe eine Entzündung, so ist keine weitere Prüfung mehr notwendig. Wenn bekannt ist, daß die Substanz bei Berührung mit Wasser keine heftige Reaktion zeigt, kann man zu Stufe 4 übergehen (1.3.4.).

1.3.1. Stufe 1

Die Prüfsubstanz wird in eine Schale gegeben, die destilliertes Wasser mit einer Temperatur von 20°C enthält; dabei wird festgestellt, ob sich das hierbei entwickelte Gas entzündet oder nicht.

1.3.2. Stufe 2

Die Prüfsubstanz wird auf ein Filterpapier gegeben, das auf der Oberfläche des Wassers einer mit destilliertem Wasser von 20°C gefüllten Schale schwimmt; dabei wird festgestellt, ob sich das entwickelte Gas entzündet oder nicht. Das Filterpapier dient nur dazu, die Substanz an der betreffenden Stelle zu halten, wodurch die Möglichkeit einer Entzündung erhöht wird.

1.3.3. Stufe 3

Mit der Prüfsubstanz wird eine kleine Schüttung von etwa 2 cm Höhe und 3 cm Durchmesser hergestellt. Es werden einige Tropfen Wasser auf diese Schüttung gegeben, und es wird festgestellt, ob sich das entwickelte Gas entzündet oder nicht.

1.3.4. Stufe 4

Die Prüfsubstanz wird mit destilliertem Wasser (20 °C) versetzt, und die entwickelte Gasmenge wird über einen Zeitraum von 7 Stunden in Abständen von je einer Stunde gemessen. Ist die Gasentwicklung ungleichmäßig oder nimmt sie nach sieben Stunden noch zu, so ist der Versuchszeitraum bis zu einer Dauer von fünf Tagen zu verlängern. Die Prüfung kann abgebrochen werden, wenn die Gasentwicklungsrate zu irgendeinem Zeitpunkt $1 \text{ l/kg} \cdot \text{h}$ übersteigt.

1.4. Referenzsubstanzen

Nicht spezifiziert.

1.5. Qualitätskriterien

Keine Angabe.

1.6. Beschreibung der Methode

1.6.1. Stufe 1

1.6.1.1. Versuchsbedingungen

Der Versuch wird bei Raumtemperatur (etwa 20 °C) ausgeführt.

1.6.1.2. Versuchsausführung

Eine geringe Menge (etwa 2 mm Durchmesser) der Prüfsubstanz wird in eine Schale mit destilliertem Wasser gegeben. Es wird notiert, (i) ob sich Gas entwickelt und (ii) ob sich das Gas entzündet. Entzündet sich das Gas, so braucht die Substanz nicht weiter geprüft zu werden, da sie als gefährlich zu betrachten ist.

1.6.2. Stufe 2

1.6.2.1. Gerät

Ein Filterpapier wird flach auf die Oberfläche des in ein geeignetes Gefäß gefüllten destillierten Wassers gelegt; als Gefäß kann z.B. eine Abdampfschale mit ca. 100 mm Durchmesser dienen.

1.6.2.2. Versuchsbedingungen

Der Versuch wird bei Raumtemperatur (etwa 20 °C) durchgeführt.

1.6.2.3. Versuchsausführung

Eine geringe Menge (etwa 2 mm Durchmesser) der Prüfsubstanz wird mitten auf das Filterpapier gelegt. Es wird notiert, (i) ob sich Gas entwickelt und (ii) ob sich das Gas entzündet. Entzündet sich das Gas, so braucht die Substanz nicht weiter geprüft zu werden, da sie als gefährlich zu betrachten ist.

1.6.3. Stufe 3

1.6.3.1. Versuchsbedingungen

Der Versuch wird bei Raumtemperatur (etwa 20 °C) durchgeführt.

1.6.3.2. Versuchsausführung

Mit der Prüfsubstanz wird eine kleine Schüttung von etwa 2 cm Höhe und 3 cm Durchmesser mit einer Vertiefung an der Spitze hergestellt. Man gießt einige Tropfen Wasser in die Vertiefung und notiert, (i) ob sich Gas entwickelt und (ii) ob sich das Gas entzündet. Entzündet sich das Gas, so braucht die Substanz nicht weiter geprüft zu werden, da sie als gefährlich zu betrachten ist.

1.6.4. Stufe 4

1.6.4.1. Gerät

Die Apparatur wird gemäß der Abbildung¹ aufgebaut.

1.6.4.2. Versuchsbedingungen

Man stellt fest, ob sich in dem Behälter mit der Prüfsubstanz Pulver mit einer Korngröße von < 500 µm befindet. Macht dieses Pulver mehr als insgesamt 1 % (Massenanteil) aus oder ist die Probe zerreibbar, so ist die gesamte Probe vor dem Versuch zu einem Pulver zu mahlen, um eine Zerkleinerung der Teilchen (durch Abrieb) bei Lagerung und Handhabung zu berücksichtigen; andernfalls ist die Substanz im Anlieferungszustand zu verwenden. Der Versuch ist bei Raumtemperatur (etwa 20 °C) und Atmosphärendruck auszuführen.

Abbildung Apparatur



Abbildung 1: Prüfapparatur zur Ermittlung der Gasentwicklung

III A.5 Literaturhinweise

Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung – DepV) vom 27. April 2009 (BGBl. I Nr. 22, S. 900), zuletzt geändert durch Art. 2 V v. 27.09.2017 I 3465

Verordnung über den Versatz von Abfällen unter Tage (Versatzverordnung – VersatzV), BGBl. I S. 2833, 24.07.2002; zuletzt geändert durch Artikel 11 G Ratsentscheidungs-Umsetzungs VO vom 15.07.2006, BGBl. I S. 1619

Klärschlammverordnung (AbfKlärV), BGBl. I Nr.65 S. 3465, 02.10.2017

Verordnung über die Verwertung von Bioabfällen auf landwirtschaftlich, forstwirtschaftlich und gärtnerisch genutzten Böden (Bioabfallverordnung – BioAbfV), BGBl. I S. 2955, 21.09.1998; geändert durch Art. 5 VO zur Vereinfachung der abfallrechtl. Überwachung v. 20.10.2006, BGBl. I S. 2298; zuletzt geändert durch Änderungsverordnung vom 27.04.2012, BGBl. I S. 611

Verordnung über Anforderungen an die Verwertung und Beseitigung von Altholz (Altholzverordnung – AltholzV), BGBl. I S. 3302, 15.08.2002; zuletzt geändert durch Art. 2a zur Vereinfachung der abfallrechtl. Überwachung v. 20.10.2006, BGBl. I S. 2298

Altölverordnung (AltöIV), BGBl. I S. 1368; geändert durch Art. 2 VO zur Vereinfachung der abfallrechtl. Überwachung v. 20.10.2006, BGBl. I S. 2298

Verordnung (EG) Nr. 850/2004 des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 29. April 2004 über persistente organische Schadstoffe und zur Änderung der Richtlinie 79/117/EWG

Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA), Mitteilung 20, Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen, Teil III Probenahme und Analytik, 05.11.2004

Bund/Länderarbeitsgemeinschaft Abfall, Fachmodul Abfall zur Verwaltungsvereinbarung der Länder über den Kompetenznachweis und die Notifizierung von Prüflaboratorien und Messstellen im gesetzlich geregelten Umweltbereich, Stand: Mai 2018

64. Abfalltechnik-Ausschuss-Sitzung der Bund/Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA), TOP 8, Saarbrücken 31.01./01.02. 2005; und 79. ATA TOP 5.5 Schleswig 19./20.06.2012

Brank, F.-R., Wentrup, G.-J., Quantifizierung von polychlorierten Biphenylen (PCB) in Altöl. Erdöl und Kohle – Erdgas – Petrochemie vereinigt mit Brennstoffchemie, Bd. 38 Heft 10 (1985)

Lehnik-Habrink, P., et al., Erarbeitung und Validierung von Verfahren zur Bestimmung von polychlorierten Biphenylen und polychlorierten Terphenylen in organischen Materialien, Umweltbundesamt (UBA) UFOPLAN 201 31 327 (2005)

Beschlüsse zur abfallrechtlichen Marktüberwachung TOP 47 der 83. Umweltministerkonferenz (UMK), Heidelberg 24.10.2014

Bekanntmachung des BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) vom 06.12.1989 - I G II 5 - 134/11 - „Analytische Verfahren zur Bestimmung von polychlorierten Biphenylen (PCB) und polychlorierten Terphenylen (PCT) gemäß § 5 der PCB-, PCT-, VC-Verbotsverordnung vom 18. Juli 1989“¹⁷

BMU: Bekanntmachung analytischer Verfahren für Probenahmen und Untersuchungen für die im Anhang der Chemikalien-Verbotsverordnung genannten Stoffe und Stoffgruppen; Stand: 08. August 2007

Bundesbodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) vom 12. Juli 1999 (BGBl. I S. 544), zuletzt durch Artikel 5 Absatz 31 des Gesetztes vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212) geändert

Fachbeirat Bodenuntersuchungen: Vergleichende Bewertung der Verfahren und Methoden des Anhanges 1 der Bundes - Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) mit aktuellen Fassungen, Dessau, 1. 08. 2005

(<http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3280.pdf>)

Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO), Notifizierung und Kompetenznachweis von Untersuchungsstellen im bodenschutzrechtlich geregelten Umweltbereich, Fachmodul Boden und Altlasten, Stand 16.August 2012

DIN - Handbuch der Bodenuntersuchungen, Wiley-VCH, Beuth Verlag, Berlin Wien Zürich, Grundwerk 2000, Stand September 2017

¹⁷ Unter 2.1 „Anwendung der DIN 51527“ der Bekanntmachung heißt es: „Die quantitative Bestimmung polychlorierter Biphenyle (PCB) erfolgt gaschromatographisch mittels Kapillarsäule und Elektronen-Einfang-Detektor nach DIN 51527 Teil1.“ Weiter: „Der PCB-Gesamtgehalt entspricht dem PCB-Bestimmungswert multipliziert mit dem Faktor 5.“

III A.6 Abkürzungsverzeichnis

AAS	Atomabsorptionsspektroskopie
AbfKlärV	Abfallklärschlammverordnung
AFS	Atomfluoreszenzspektroskopie
ALA	Ständiger Ausschuss Altlasten (der LABO)
ATA	Abfalltechnik-Ausschuss (der LAGA)
AN	Ammoniumnitrat
AltholzV	Altholzverordnung
AltöIV	Altölverordnung
AP	Analysenprobe
AT ₄	Atmungsaktivität (nach vier Tagen ermittelt)
AU	Abfalluntersuchung
BG	Bestimmungsgrenze
BioAbfV	Bioabfallverordnung
BOVA	Ständiger Ausschuss „Vorsorgender Bodenschutz“
BTEX	Kurzform für: Benzol, Toluol, Ethylbenzol, Xylol
CEN	Comité Européen de Normalisation (Europäische Normungsinstitution)
CFA	Kontinuierliche Fließinjektionsanalyse
CKW	Chlorkohlenwasserstoffe
CN	Cyanide
DepV	Deponieverordnung
DEV	Deutsche Einheitsverfahren
DIN	Deutsches Institut für Normung
DK	Deponieklasse
DOC	Dissolved organic matter
DP	Durchschnittsprobe
DDT	Dichlordiphenyltrichlorethan
EDRFA	Energiedispersive Röntgenfluoreszenzanalytik
E-DIN	Entwurf einer DIN-Norm
EG	Europäische Gemeinschaft
EN	Europäische Norm (CEN)
EOX	Extrahierbare organische Halogenverbindungen
EP	Einzelprobe
EPA	Environmental Protection Agency
ET-AAS	Elektrothermale AAS (Graphitrohr-AAS)
FAU	Formazin Attenuation Units (Formazin Schwächungseinheiten)
FBU	Fachbeirat Bodenuntersuchung
FCKW	Fluorchlorkohlenwasserstoffe
FIA	Fließinjektionsanalyse
FL	Flamme
FMA	Fachmodul Abfall
FNU	Formazin Nephelometric Units (Formazin nephelometrische Einheiten)
GB ₂₁	Gasbildungspotenzial (nach 21-Tagen ermittelt)
GC	Gaschromatographie
GC-AED	Gaschromatographie-Atomemissionsdetektor
GC-ECD	Gaschromatographie-Elektroneneinfangdetektor
GC-FID	Gaschromatographie-Flammenionisationsdetektor
GC-FPD	Gaschromatographie-Flammenphotometrischerdetektor
GC-HR-MS	Gaschromatographie-hochauflösende Massenspektrometrie (Chromatography-High Resolution Mass Spectrometry)
GC-MS	Gaschromatographie-Massenspektrometrie
GC-MS-MS	Gaschromatographie-Tandemmassenspektrometrie
HPLC	High Performance Liquid Chromatography
HPLC-MS-MS	High Performance Liquid Chromatography- Tandemmassen- spektrometrie

HSGC	Headspace Gaschromatographie
ICP-MS	Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (<i>Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometry</i>)
ICP - OES	Optische Emissionsspektroskopie mit induktiv gekoppeltem Plasma (<i>Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry</i>)
IR	Infrarotspektroskopie
ISO	Internationale Organisation für Normung (<i>International Organization for Standardization</i>)
IUPAC	International Union of Pure and Applied Chemistry
ISO/DIS	ISO-Normentwurf (<i>Draft International Standard</i>)
ISO/TR	ISO-Technischer Bericht (<i>Technical Report</i>)
KGV	Korngrößenverteilung
KS	Klärschlamm
KW	Kohlenwasserstoffe
Lag-Phase	Phase zwischen Animpfen des Ansatzes und Erreichen der max. Teilungsrate
LABO	Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz
LAGA	Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Abfall
LAGA M 20	LAGA Merkblatt 20
LHKW	Leichtflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe
LID	Lowest Ineffective Concentration
LP	Laborprobe
MKW	Mineralölkohlenwasserstoffe
MP	Mischprobe
MPV	Mechanische Probenvorbereitung
MTBE	Methyl-tertiär-Butylether
NTU	Nephelometric Turbidity Unit (Nephelometrische Trübungs-Einheiten)
OAB	Obere Arbeitsbereich
OZ	Ordnungszahl
PAK	Polycyclische Aromatische Kohlenwasserstoffe
PCB	Polychlorierte Biphenyle
PCDD/F	Polychlorierte Dibenzo-p-dioxine und Dibenzofurane
PCP	Pentachlorphenol
Per	Perchlorethen
PFOA	Perfluoroktansäure
PFOS	Perfluoroktansulfonsäure
PLE	Pressurized Liquid Extraction (Schnelle Druckextraktion)
pflv.	pflanzenverfügbar
PN	Probenahme
POP-VO	Verordnung über Persistent Organic Pollutants
PV	Probenvorbereitung (mechanisch)
RFA	Röntgenfluoreszenzanalyse
SPME	Solid Phase Micro Extraction
SPEC	Specification (Norm-Spezifikation $\cong$ Vornorm)
TM	Trockenmasse
TNb	Total Nitrogen bounded
TON	Geruchsschwellenwert (Threshold Odour Number)
TFN	Geschmacksschwellenwert (Threshold Flavour Number)
Tri	Trichlorethen
UAG	Untere Anwendungsgrenze
UAB	Unterer Arbeitsbereich
VDLUFA	Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten
VersatzV	Versatzverordnung

