

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 2.0

Stand: 15.06.2021



Fachbeirat Bodenuntersuchungen



Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall

LAGA-Forum Abfalluntersuchung

Die Erarbeitung und Fortschreibung der Methodensammlung Feststoffuntersuchung erfolgte durch die Ad-hoc-AG Methodenharmonisierung auf Basis des Beschlusses der 87. UMK¹ zu TOP 43 „Harmonisierung der Untersuchungsmethoden für den Feststoffbereich“ vom 02.12.2016. Die Ad-hoc-AG setzt sich aus Mitgliedern des LAGA-Forums Abfalluntersuchung (Forum-AU) und des Fachbeirats Bodenuntersuchungen (FBU) zusammen.

Die Methodensammlung Feststoffuntersuchung stellt eine Zusammenführung der Inhalte der Methodensammlung Abfalluntersuchung der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) und der Methodensammlung Boden-/Altlastenuntersuchung des FBU dar und wird regelmäßig aktualisiert und ergänzt. Diese Zusammenführung erfüllt auch ein Grundanliegen aus der Praxis von Behörden, Auftraggebern, Gutachtern und Untersuchungsstellen: durch die rechtsbereichsübergreifende Zusammenstellung wird eine Basis geschaffen, um dort, wo es möglich ist, eine Harmonisierung der Methoden zu unterstützen und andererseits die Bereiche zu identifizieren, wo ein Nebeneinander von Methoden fachlich sinnvoll bzw. unvermeidbar ist. Inhaltlich wurden die untergesetzlichen Regelwerke des Kreislaufwirtschaftsgesetzes sowie des Bundesbodenschutzgesetzes in den jeweils aktuellen Fassungen zum Zeitpunkt des Redaktionsschlusses der Ad-hoc-AG Methodenharmonisierung (04.06.2021) zitiert.

¹ Umweltministerkonferenz

An der Erarbeitung und Fortschreibung beteiligte Personen in alphabetischer Reihenfolge:

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

Dr. Ulrich Bochert, Institut für Hygiene und Umwelt Hamburg (Forum-AU); 2021

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

Dr. Jürgen Diemer, Bayerisches Landesamt für Umwelt (Forum-AU); 2017, 2018, 2021

Dipl.-Geogr. Helge Düker, Niedersächsisches Landesamt für Bau und Liegenschaften (FBU); 2021

Dipl.-Chem. Marion Grötzner, Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt (Forum-AU); 2021

Dr. Ina Gründer, Zentrale Unterstützungsstelle – Abfall, Gentechnik und Gerätesicherheit beim Gewerbeaufsichtsamt Hildesheim (FBU und Forum-AU); 2017, 2018, 2021

Dr. Dieter Hennecke, Fraunhofer-Institut für Molekularbiologie und Angewandte Ökologie IME (FBU); 2021

Dipl.-Geol. Dieter Horchler, Niedersächsisches Landesamt für Bau und Liegenschaften (FBU); 2018, 2021

Dr. Hartmut Jäger, Eurofins Umwelt West (FBU); 2017, 2018, 2021

Dr. Ute Kalbe, Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung (FBU); 2021

Dr. Anja König, Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein (Forum-AU); 2021

Dr. Frank Küchler, Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH (FBU); 2021

Dr. Petra Lehnik-Habrink, Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung (FBU); 2017, 2018, 2021

apl. Prof. Dr. Volker Linnemann, RWTH Aachen University – Institut für Siedlungswasserwirtschaft (FBU); 2021

Dr. Reinhard Meuser, Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz (Forum-AU); 2021

Dr. Ingo Müller, Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (FBU); 2017, 2021

Dipl.-Geol. Andreas Paetz, Deutsches Institut für Normung – Normenausschuss Wasserwesen (FBU); 2021

Dr. Alexander Ruderisch, AGROLAB GmbH (FBU); 2021

Lebensmittelchemiker Florian Schaller, Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (Forum-AU); 2021

Dipl.-Geol. Reinhard Sudhoff, Regierungspräsidium Kassel (Forum-AU); 2017, 2018, 2021

Dr. Andreas Zeddel, Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein (FBU); 2021

Inhaltsverzeichnis

Vorwort

I	Allgemeiner Teil.....	9
I.1	Ziel der Methodensammlung Feststoffuntersuchung.....	9
I.2	Anwendungshinweise zu gelisteten Methoden im Tabellenteil.....	10
I.3	Vorgehen zur Auswahl eines Verfahrens	12
II	Regelwerksbezogener Teil.....	14
II.1	Probenahmeplanung, Probenahme, Probenbeschreibung.....	14
II.1.1	Probenahmeplanung, Probenahme und Probenbeschreibung, Feststoffe (Boden)	15
II.1.2	Probenahme Feststoffe (Abfall/Altanlagen; abgeschobenes Bodenmaterial).....	22
II.1.3	Probenahmeplanung, Probenahme Grundwasser, Sickerwasser.....	28
II.1.4	Probenahmeplanung, Probenahme Bodenluft	29
II.2	Schnellanalysemethoden und Vor-Ort-Verfahren	31
II.3	Probenvorbereitung	34
II.3.1	Probekonservierung, -transport, -lagerung	34
II.3.2	Probenvorbereitende Techniken	35
II.3.3	Mechanische Probenvorbereitung	37
II.3.4	Chemische Probenvorbereitung.....	42
II.4	Allgemeine Parameter	50
II.4.1	Feststoffe (pH-Wert, Trockenmasse, Glühverlust etc.)	51
II.4.2	Eluate, Perkolate, Wässer	53
II.5	Physikalische Parameter	56
II.5.1	Physikalische Parameter Feststoffe.....	57
II.6	Anorganische Analytik	59
II.6.1	Anorganische Analytik Feststoffe (einschließlich ölhaltiger Abfälle).....	59
II.6.2	Anorganische Analytik Eluate, Perkolate, Wässer	84
II.6.3	Nährstoffanalytik	104
II.7	Organische Analytik.....	108
II.7.1	Abfallspezifische Grundlagen zur Untersuchung auf organische Stoffgruppen	108
II.7.2	Abfall-, Boden- und Altlastenuntersuchungsrelevante organische Stoffgruppen	111
II.7.3	Organische Analytik Feststoffe	123
II.7.4	Organische Analytik Eluate, Perkolate, Wässer.....	143
II.7.5	Organische Analytik Bodenluft.....	167
II.7.6	Organische Analytik Deponiegas	168

II.8	Summarische Parameter	169
II.8.1	Summarische Parameter Feststoffe.....	171
II.8.2	Summarische Parameter Eluate, Perkolate, Wässer	174
II.9	Biologische Verfahren	177
II.9.1	Allgemeines	177
II.9.2	Spezielle Verfahren zur Bestimmung der Abbaubarkeit (GB ₂₁ , AT ₄)... 179	
II.9.3	Terrestische Verfahren	180
II.9.4	Aquatische Testverfahren (Eluate, Perkolate, Wässer)	183
II.9.5	Auswertung von Biotests und Ergebnisinterpretation.....	186
II.10	Ergebnisunsicherheit.....	187
II.10.1	Angabe von Analysenergebnissen und Messunsicherheiten.....	188
II.11	Beurteilung der Stoffverteilungen in Haufwerken	190
II.12	Qualitätssicherung	195
II.12.1	Qualitätsgesicherte Interpretation von Analysenergebnissen	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	204
III A.1.3	Angabe von Analysen- und Untersuchungsergebnissen	207
III A.2	Nutzungs- und Wirkungspfadspezifische Feststoffprobenahmeregeln... 210	
III A.2.1	Nutzungsorientierte Beprobungstiefe für Untersuchungen des Wirkungspfades Boden-Mensch und Boden-Grundwasser	210
III A.2.2	Wirkungspfadorientierte Probenahme für die Pfade Boden-Mensch, Boden-Nutzpflanze und Boden-Grundwasser	211
III A.3	Grundsätzliche Betrachtungen zu Elutions-/ Perkolationsverfahren..... 212	
III A.3.1	Elutionsversuche mit destilliertem Wasser	212
III A.3.2	Elutionsverfahren mit wässrigen Lösungen mit Zusätzen sowie Extraktionsverfahren.....	213
III A.3.3	Perkolationsversuche mit destilliertem Wasser	214
III A.4	Versuch zur Ermittlung der Entzündlichkeit im Kontakt mit Wasser..... 215	
III A.5	Abkürzungsverzeichnis	219

Vorwort

Diese Methodensammlung dient als Kompendium für gesetzliche und untergesetzliche Regelungen in den Bereichen Abfall, Bodenschutz und Altlasten und listet die in abfall- und bodenschutzrechtlichen Verordnungen genannten Untersuchungsmethoden sowie die Verfahren der Technischen Regeln der LAGA, der Fachmodule und -verbände auf. Überdies sind auch Methoden, die im Handbuch der Bodenuntersuchung (HBU) als Norm abgedruckt sind und aktuelle Verfahren aus der Normungsarbeit aufgenommen. Zur zukünftigen Vereinheitlichung der Vorgaben für Untersuchungen werden somit die notwendigen Grundlagen bereitgestellt. Fortschrittliche, geeignete Verfahren und Methoden, die vom FBU und/oder vom Forum-AU empfohlen werden, sind in den entsprechenden Zeilen des Tabellenteils (Kap. II) grün hinterlegt. Diese besonders zu empfehlenden Methoden sollen in künftigen Verordnungen und bei Einzelfallentscheidungen berücksichtigt werden.

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

Die Methodensammlung richtet sich an nachfolgende Zielgruppen und gibt einen Überblick und eine Hilfestellung zu den im Bereich Abfall, Bodenschutz und Altlasten verwendeten Untersuchungsverfahren. Soweit keine gesetzlichen Vorgaben für den Bereich existieren oder gleichwertige Verfahren in den Rechtsgrundlagen zugelassen sind (z. B. Anhang 4 Nr. 3 Deponieverordnung) kann dieses Kompendium eine Entscheidungshilfe zur Verfahrensauswahl darstellen.

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.

2. Vollzugsbehörden

In einigen Verordnungen werden zusätzlich zu den in der Verordnung genannten Verfahren gleichwertige Verfahren zugelassen. Diese Methodensammlung soll Vollzugsbe-

hörden bei der Entscheidung unterstützen, ob ein Verfahren als gleichwertig angesehen werden kann.²

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

3. Auftraggeber, Gutachter und Untersuchungsstellen

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

Sachgerechte Entscheidungen setzen voraus, dass Untersuchungsergebnisse verlässlich ermittelt werden. Zudem können Werteregulungen unmittelbar mit spezifischen Untersuchungsverfahren verknüpft sein. Zu diesem Zweck werden in den entsprechenden Regelwerken zumeist bestimmte Untersuchungsverfahren 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. Durch den zeitlichen Versatz und durch die unterschiedlichen Anforderungen der jeweiligen Rechtsbereiche müssen für die Bestimmung identischer Parameter je nach Rechtsbereich unterschiedliche und unter Umständen nicht vergleichbare Verfahren herangezogen werden. Die Auswahl der Verfahren ist oftmals bei Behörden, Gutachtern, Auftraggebern und Untersuchungsstellen von Unsicherheit begleitet, da nicht einfach zu erkennen ist, ob ein aktuelleres Verfahren aus einem Rechtsbereich den ggf. älteren Anforderungen des anderen Bereiches genügt. Vielfach müssen von den Untersuchungsstellen daher fachlich veraltete Analysenverfahren 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, Probenvorbereitung, -vorbereitung, -aufarbeitung und Analytik soll Behörden, Untersuchungsstellen, Gutachter und Auftraggeber unterstützen und die Abstimmung über die anzuwendenden Untersuchungsverfahren vereinfachen.

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 eine der wichtigsten Aufgaben des FBU. Im FBU wirken, auf

² Für den Anwendungsbereich der BBodSchV stellt der FBU die Gleichwertigkeit mit denen in der Verordnung genannten und praktisch geeigneten Verfahren und Methoden fest.

Vorschlag der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO), Vertreter der Ständigen Ausschüsse "Vorsorgender Bodenschutz" (BOVA) und "Altlasten" (ALA) mit. Daneben sind auf Vorschlag von Organisationen aus Normung, Wirtschaft und Forschung (z. B. BAM³, DIN⁴, BDI⁵, ITVA⁶, GDCh⁷, VUP⁸) weitere Mitglieder im FBU vertreten.

Das LAGA-Forum Abfalluntersuchung wurde im Jahr 2004 von der LAGA gegründet und erarbeitete erstmals in 2008 im Auftrag des Ausschusses für Abfalltechnik (ATA) der LAGA eine Methodensammlung zur Abfalluntersuchung, 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 Fortschreibung der Methodensammlung Feststoffuntersuchung wird durch eine Anpassung der Kennzeichnung der Version deutlich gemacht. Kleinere methodische Anpassungen finden ihren Niederschlag in der Erhöhung der Nebenversionsnummer (z. B. V 1.1). 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. V 2.0).

³ Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung

⁴ Deutsche Institut für Normung e.V.

⁵ Bundesverband der Deutschen Industrie

⁶ Ingenieurtechnischer Verband für Altlastenmanagement und Flächenrecycling

⁷ Gesellschaft Deutscher Chemiker

⁸ Verband unabhängiger Prüflabore

I Allgemeiner Teil

I.1 Ziel der Methodensammlung Feststoffuntersuchung

Durch die vorliegende Methodensammlung sollen folgende Ziele unterstützt werden:

- die zeitnahe Fortschreibung des Standes der Technik für Untersuchungen,
- die Reduzierung von Kosten und Zeitaufwand für die Bestimmung der jeweiligen Messgrößen durch eine soweit mögliche Vereinheitlichung und matrixübergreifende Harmonisierung der Verfahren,
- die Steigerung der Qualität von Untersuchungen,
- die Steigerung der Transparenz im Informationsaustausch zwischen Auftraggeber, Gutachter, Untersuchungsstelle und Behörde sowie
- die Verbesserung von Übersicht und Handhabung der Methoden und Verfahren in der Praxis.

Bei der Auswahl geeigneter Untersuchungsverfahren ist die Vielfalt von Abfällen, Böden und (Boden-)Materialien zu berücksichtigen, wie z. B.:

- Klärschlämme und 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 chemischen Industrie, ausgekofferte Feststoffe aus Altlasten und schädlichen Bodenveränderungen) und „spezielle Abfallarten“ (z. B. Shredderleichtfraktionen, Althölzer, Altöl),
- Materialien für technische Bauwerke (z. B. mineralische Baustoffe und Baustoffgemische),
- unbelastete Böden und (Boden-)Materialien zur Anwendung auf, in oder unter der durchwurzelbaren Bodenschicht zur Übernahme von Bodenfunktionen sowie
- Boden bei der Erkundung von altlastverdächtigen Flächen und schädlichen Bodenveränderungen.

Wie aus der Auflistung der unterschiedlichen zu untersuchenden Materialien hervorgeht, gibt es zudem unterschiedliche Fragestellungen, die mit den Untersuchungen geklärt werden sollen, wie die Abfalldeklaration oder die bodenschutzrechtliche Gefahrenermittlung. Die unterschiedlichen Untersuchungsmaterialien und Fragestellungen 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 (FMA) zu entnehmen. Untersuchungsverfahren werden derzeit aus folgenden Regelwerken/Regelungen in der Methodensammlung 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 (AltöIV), Anlage 2
7. LAGA-Mitteilung 20 (LAGA M20) Teil III Probenahme und Analytik; Stand: 05.11.2004

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

I.2 Anwendungshinweise zu gelisteten Methoden im Tabellenteil

Für fortschrittliche, geeignete Verfahren und Methoden, die vom FBU und/oder Forum-AU empfohlen werden, ist die entsprechende Tabellenzeile grün hinterlegt. Sie stellen die **Referenzverfahren** dar. In der Tabellenspalte „*Fachliche Beurteilung*“ werden die Gremien genannt, von denen die Empfehlung ausgesprochen wurde. **In der Anlage 1 werden die vom FBU bzw. Forum-AU empfohlenen Verfahren zusammenfassend aufgeführt.**

Verfahren, für die in der Tabellenspalte „*Fachliche Beurteilung*“ keine Empfehlung ausgesprochen wird, sind als **Standardverfahren** anzusehen, deren Leistungsstärke im mittleren Segment anzusiedeln ist. In einigen Bereichen stehen derzeit keine **Referenzverfahren** zur Verfügung. In diesen Fällen sollte auf die **Standardverfahren** zurückgegriffen werden.

Leistungsschwache und **defizitäre Verfahren** werden mit entsprechenden Kommentaren in der Tabellenspalte „*Leistungsgrenzen/Bemerkungen*“ individuell charakterisiert bzw. wird in der Tabellenspalte „*Fachliche Beurteilung*“ ein alternatives geeignetes Verfahren empfohlen.

Ungültige oder **zurückgezogene bzw. ersetzte Verfahren**, die dennoch in derzeit gültigen Regelwerken/Regelungen aufgeführt sind, werden in der Tabellenspalte „*Verfahren*“ durch Durchstreichen des Ausgabedatums und durch einen Verweis in der Tabellenspalte „*Leistungsgrenzen/Bemerkungen*“ dargestellt.

In der Tabellenspalte „*Regelwerk/Regelungen (zitiert in:)*“ sind die Verordnungen aufgeführt, in denen das jeweilige Verfahren zitiert wird. Sofern das Verfahren mit dem Fachmodul Abfall (FMA) bzw. dem Fachmodul Boden-Altlasten (FM-BA) oder dem Handbuch der Bodenuntersuchung (HBU) verknüpft ist, wird dies ebenfalls in der Tabellenspalte „*Regelwerk/Regelungen (zitiert in:)*“ vermerkt.

I.3 Vorgehen zur Auswahl eines Verfahrens

Vorgehen zur Auswahl eines Verfahrens für den Verordnungsgeber

In künftigen Verordnungen sollten, wo vorhanden, nur Referenzverfahren (grün hinterlegte Tabellenzeilen) benannt werden (siehe auch Anlage 1).

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.⁹

Vorgehen zur Feststellung von fortschrittlichen, geeigneten Verfahren im Bereich Bodenschutzrecht

Bei der Feststellung der Gleichwertigkeit orientiert sich der FBU an folgenden Aspekten:

- 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.

Das Ergebnis dieser Feststellung findet sich in Anlage 2 dieser Methodensammlung.

Hinweis: Im Einzelfall kann es erforderlich sein, auch andere als in Anlage 2 der Methodensammlung genannten Verfahren bzw. Methoden zu nutzen. Dann muss deren Gleichwertigkeit und praktische Eignung vom Anwender im Einzelfall gegenüber der Behörde nachgewiesen werden.¹⁰

⁹ Der Entwurf der Verordnung zur Einführung einer Ersatzbaustoffverordnung, zur Neufassung der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung und zur Änderung der Deponieverordnung und der Gewerbeabfallverordnung sieht in Art. 2 (BBodSchV-E) § 24 Absatz 11 Nr. 1 vor, dass andere Verfahren und Methoden angewendet werden können, wenn deren Gleichwertigkeit und praktische Eignung durch den FBU allgemein festgestellt und die Feststellung durch das BMU im Bundesanzeiger veröffentlicht wurde.

¹⁰ Dieser Fall ist im Entwurf der Verordnung zur Einführung einer Ersatzbaustoffverordnung, zur Neufassung der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung und zur Änderung der Deponieverordnung und der Gewerbeabfallverordnung in Art. 2 (BBodSchV-E) § 24 Absatz 11 Nr. 2 geregelt.

Vorgehen zur Auswahl eines fortschrittlichen, geeigneten Verfahrens für den Anwender (Auftraggeber, Untersuchungsstelle, Gutachter, Behörde) im Bereich Abfallrecht

1. Parameter bzw. Anwendungsbereich auswählen.
2. Prüfen, ob ein **Referenzverfahren** (grün hinterlegte Tabellenzeilen) für den **betroffenen** Rechtsbereich (in der Tabellenspalte „*Regelwerk/Regelungen (zitiert in:)*“) zugelassen ist.
3. Wenn ja, ist dieses auszuwählen.
4. Wenn nicht, prüfen ob die Verordnung gleichwertige Verfahren zulässt.¹¹ Ist dies der Fall, entscheidet die zuständige Behörde, ob das gewählte Verfahren gleichwertig ist. Diese kann für die Prüfung die **Referenzverfahren** (grün hinterlegte Tabellenzeilen) als Entscheidungsgrundlage nutzen.

¹¹ Beispielsweise sind gemäß Anhang 4 Nr. 3 der Deponieverordnung gleichwertige Verfahren nach dem Stand der Technik mit Zustimmung der zuständigen Behörde am Sitz der Untersuchungsstelle zulässig. Dabei kann als Entscheidungshilfe die Methodensammlung Feststoffuntersuchung herangezogen werden, wobei insbesondere die grün gekennzeichneten Verfahren (Referenzverfahren) bevorzugt ausgewählt werden sollten.

II Regelwerksbezogener Teil

II.1 Probenahmeplanung, Probenahme, Probenbeschreibung

Grundvoraussetzung für eine sachgerechte Beurteilung von Feststoffen ist es, dass die Ergebnisse der Untersuchungen ein zuverlässiges Abbild der stofflichen Zusammensetzung des Untersuchungsobjektes geben. Dabei kann das Untersuchungsobjekt ein Haufwerk bzw. eine Menge von Abfällen oder ein bestimmtes Bodenvolumen sein. Da diese Grundgesamtheit nicht als Ganzes untersucht werden kann, müssen stellvertretend ausgewählte Proben des Materials untersucht werden.

Die Proben müssen dazu hinreichend beschrieben sein und es muss ausreichend bekannt sein, für welche Grundgesamtheit sie repräsentativ sind. Dies ist besonders bei der Untersuchung von kontaminationsverdächtigen oder kontaminierten Flächen schwierig, da sowohl die Schadstoffverteilung als auch der Untergrund meist nicht homogen sind. Die Durchführung der Probenahme bestimmt deshalb häufig im Vergleich zu den physikalischen und chemischen Untersuchungsverfahren die Reproduzierbarkeit und Interpretierbarkeit der Ergebnisse.

Eine fachgerechte Probenahme setzt immer einen Probenahmeplan voraus. Er beschreibt an welchen Stellen, wie viele 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 Probenahmeplans 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	Untersuchung von Böden, Bodenmaterialien und sonstigen Materialien, die im oder auf dem Boden von Verdachtsflächen vorkommen oder zum Auf- und Einbringen vorgesehen sind	Vorgaben gemäß Anhang I BBodSchV	Generelle Anforderungen an die Planung und Durchführung der Probenahme; differenziert nach den Wirkungspfaden: Boden-Mensch, Boden-Nutzpflanze, Boden-Grundwasser sowie verschiedenen Nutzungen und Untersuchungsphasen (Orientierende Untersuchung, Detailuntersuchung)	zu detailliert für ein Gesetz und meist nicht detailliert genug für eine praktische Umsetzung, daher ist für die Novellierung ein Verzicht auf diesen Anhang vorgesehen; richtungsweisende Konventionen	FBU	BBodSchV
2	Bodenprobenahme, Anleitung zur Aufstellung von Probenahme-Programmen	DIN ISO 10381-1 (02/1996) (08/2003)	Festlegung von Probeentnahmepunkten, Probenahmestrategie, Vorgehensweise bei der Probenahme, Dokumentation, Qualitätssicherung	veralteter Stand von 1996 bzw. 2003; Norm zurückgezogen	ersetzt durch Reihe DIN ISO 18400	BBodSchV HBU FM-BA FMA AbfKlärV
3	Planung der Bodenprobenahme	DIN ISO 18400-101 (11/2020)	Grundzüge der Vorbereitung und Anwendung eines Probenahmeplans; Anleitung zur Erarbeitung und Dokumentation von Plänen zur Bodenprobenahme in Abhängigkeit von Aufgabenstellung und Rahmenbedingungen	Guideline-Norm – keine konkreten Verfahrensvorgaben; Weiterentwicklung der entsprechenden Abschnitte der DIN ISO 10381-1	FBU	HBU

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

Lfd. Nr.	Anwendungsbereich	Verfahren	Kurzbeschreibung	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
4	Bodenprobenahme, Anleitung für Probenahmeverfahren	DIN ISO 10381-2 (02/1996) (08/2003)	Technische Rahmenbedingungen und Durchführungsmöglichkeiten bei der Bodenprobenahme mittels manueller und geräteunterstützter Verfahren	veralteter Stand von 1996 bzw. 2003; Norm zurückgezogen	ersetzt durch DIN ISO 18400-102	BBodSchV HBU FM-BA AbfKlärV
5	Bodenprobenahme, Anleitung für Probenahmetechniken	DIN ISO 18400-102 (11/2020)	Auswahl und Anwendung von Probenahmetechniken; Beschreibung verfügbarer Techniken, deren Vor- und Nachteile sowie Anleitungen und Kriterien zur Auswahl von geeigneten Probenahmetechniken in Abhängigkeit von Aufgabenstellung und Randbedingungen	Guideline-Norm – keine konkreten Verfahrensvorgaben; aktualisierte und ergänzte Nachfolgenorm der DIN ISO 10381-2; gilt nicht für geotechnische Untersuchungen, sowie für die Probenahme von Festgesteinen, Bodenwasser und Bodenluft	FBU	HBU
6	Bodenprobenahme, Anleitung zur Sicherheit bei der Probenahme	DIN ISO 10381-3 (02/1996) (08/2002)	Beschreibung typischer Gefährdungen bei der Entnahme von Bodenproben	veralteter Stand von 1996 bzw. 2002	Beachtung von DGUV-Regel 101-004 und TRGS 524	BBodSchV HBU
7	Bodenprobenahme, Anleitung zur Sicherheit bei der Probenahme	ISO 18400-103 (01/2017)	Soil quality - Sampling – Safety Anleitung zur Identifizierung von Gefahren bei der Bodenprobenahme und zur Risikominimierung	Guideline-Norm – keine konkreten Verfahrensvorgaben; zitiert in Normen der Reihe ISO 18400; Nachfolgenorm der ISO 10381-3; Übernahme als DIN ISO abgelehnt, da national die DGUV-Regel 101-004 (ehem. BGR 128) und TRGS 524 zu beachten sind; nur als englische Originalfassung erhältlich; nicht in Deutschland übernommen - nicht anzuwenden -	Beachtung von DGUV-Regel 101-004 und TRGS 524	

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

Lfd. Nr.	Anwendungsbereich	Verfahren	Kurzbeschreibung	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
8	Probenahme bei der Untersuchung von natürlichen, naturnahen und Kulturstandorten	DIN ISO 10381-4 (02/1996) (04/2004)	Entscheidungshilfen zur Wahl der geeigneten Probenahme-strategie bei land- und forstwirtschaftlichen Fragestellungen	veralteter Stand von 1996 bzw. 2004; Norm zurückgezogen	ersetzt durch ISO 18400-205	BBodSchV HBU FM-BA FMA AbfKlärV
9	Anleitung für die Vorgehensweise bei der Untersuchung von Bodenkontaminationen auf urbanen und industriellen Standorten	DIN ISO 10381-5 (02/2007)	Anleitung für das Zusammen-tragen von Informati-onen, Entwicklung von Kon-taminationshypothesen und Probenahmestrategien	obligatorischer Parameter gemäß FM-BA; überholt durch Nachfolgenorm DIN ISO 18400-203	ersetzt durch DIN ISO 18400-203	HBU FM-BA
10	Bodenprobenahme, Probenah-mestrategien	DIN ISO 18400-104 (11/2020)	Anleitung zum Entwickeln und Anwenden von Strate-gien zur Bodenprobenahme	Guideline-Norm – keine konkreten Verfahrensvorgaben; Nachfolgenorm für Teile der (DIN) ISO 10381-1 und ISO 10301-8; Übernahme als DIN ISO beschlossen, da es keine Alternative gibt	FBU	
11	Bodenkontaminationen, Erfassung und Erstuntersuchungen	DIN ISO 18400-202 (11/2020)	Anleitung zur Erfassung von Verdachtsflächen, Recher-che von Informationen und Erstbewertung	Guideline-Norm – keine konkreten Verfahrensvorgaben; Nachfolgenorm für Teile der DIN ISO 10381-5; wichtige Grundlage für die Probenahmepla-nung	FBU	
12	Bodenkontaminationen, Untersu-chung von Verdachtsflächen	DIN ISO 18400-203 (11/2020)	Anleitung zur Untersuchung von kontaminationsverdäch-tigen Flächen	Guideline-Norm – keine konkreten Verfahrensvorgaben; Nachfolgenorm für Teile der DIN ISO 10381-5	FBU	
13	Probenahme von festen und stich-festen Abfällen sowie abgelagerten Materialien im Rahmen der Prüfung zur stofflichen oder energetischen Verwertung bzw. zur Beseitigung	LAGA-Mitteilung 32 (LAGA PN 98) (12/2004) (05/2019)	Feststoffcharakterisierende PN, Hot-Spot-Probenahme, Volumen-/ Massen-abhängige PN, sortenreine PN; Probenvorbehandlung	ungeeignet für nicht stichfeste und flüssige Materialien; Konkretisierungen finden sich in der „Handlungshilfe zur Anwendung der LAGA PN 98“	Forum-AU	DepV FMA FM-BA HBU

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

Lfd. Nr.	Anwendungsbereich	Verfahren	Kurzbeschreibung	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
14	Sedimente	DIN 38414-11 (08/1987)	Probenahme von Sedimenten	nicht im Regelungsbereich des BBodSchG, aber obligatorischer Parameter gemäß FM-BA		FM-BA HBU
15	Schwebstoffe	DIN 38402-24 (05/2007)	Probenahme von Schwebstoffen	nicht im Regelungsbereich des BBodSchG, aber obligatorischer Parameter gemäß FM-BA		FM-BA
16	Umfassende Anleitung zur bodenkundlichen Kartierung	Bodenkundliche Kartieranleitung 4. Auflage (1994)		ersetzt durch 5. Auflage unter Einarbeitung der Kriterien für die Stadtbodenkartierung	KA5 verwenden	BBodSchV
17	Kartierung inkl. Stadtbodenkartierung	Bodenkundliche Kartieranleitung 5. Auflage (KA5) (2005)	umfassende Anleitung zur bodenkundlichen Kartierung; dient der Vereinheitlichung und Koordinierung der Kartierungen in den einzelnen Bundesländern	Standardwerk; Nachfolge KA6 in Vorbereitung	FBU	HBU
18	Beschreibung von Bodenhorizonten und -profilen sowie der bodenkundlichen und sensorischen Ansprache von Bodenproben; keine Probenahmeanleitung	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 Vollzugs des BBodSchG ausgelegt	FBU	HBU FM-BA
19	Bodenbewertung für bautechnische Zwecke und Bodenverwertung	DIN 18196 (05/2011)	Zusammenfassung von Bodenarten in Bodengruppen zur Bewertung von Bodenkennwerten	gilt für bautechnische Eigenschaften und Eignung für (u. a. Recycling-) Baustoffe im Grundbau		HBU
20	Untersuchung landwirtschaftlich und gärtnerisch genutzter Flächen	VDLUFA-Methodenbuch, Band 1, Böden, Abschnitt A1: Entnahme, Transport und Aufbereitung von Proben	Beschreibungen der Vorgehensweisen für bestimmte Untersuchungen und für bestimmte Standorttypen	obligatorischer Parameter gemäß FM-BA; überwiegend Stand 1997		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	Geotechnische Erkundung und Untersuchung von Lockergesteinen, Probenbeschreibung, Geotechnische Erkundung und Untersuchung	DIN EN ISO 14688-1 (06/2011) (05/2018) (11/2020)	Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Böden, Teil 1: Benennung und Beschreibung; stellt mit DIN EN ISO 14688-2 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
22	Probenbeschreibung, Geotechnische Erkundung und Untersuchung von Festgestein	DIN EN ISO 14689 (05/2018)	stellt die Grundprinzipien dar für die Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Festgesteinen für bautechnische Zwecke	gilt nur für Geotechnik; obligatorischer Parameter gemäß FM-BA; DIN EN ISO 14689-1 wurde zurückgezogen		HBU FM-BA
23	bodenkundliche Untersuchungen	DIN 19673 (04/2013)	Bodenbeschaffenheit - Zeichnerische Darstellung bodenkundlicher Untersuchungsergebnisse; Darstellung und Schreibweise von bodenkundlichen Profilaufnahmen		FBU	
24	Geotechnische Erkundung und Untersuchung	DIN 4023 (02/2006)	Zeichnerische Darstellung der Ergebnisse von Bohrungen und sonstigen direkten geologischen Aufschlüssen		FBU	HBU
25	Dokumentation der Bodenprobenahme	DIN ISO 18400-107 (11/2020)	Aufzeichnungen und Berichtswesen bei der Bodenprobenahme	Guideline-Norm – keine konkreten Verfahrensvorgaben; beschreibt die Mindestanforderungen an die Dokumentation bei der Bodenprobenahme	FBU	

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

Lfd. Nr.	Anwendungsbereich	Verfahren	Kurzbeschreibung	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
26	Qualitätsmanagement bei der Bodenprobenahme	DIN ISO 18400-106 (11/2020)	Anleitung zur Qualitätskontrolle und Qualitätssicherung bei der Bodenprobenahme	Guideline-Norm – keine konkreten Verfahrensvorgaben; Nachfolgenorm für Teile der DIN ISO 10381-1	FBU	
27	Geotechnische Erkundung und Untersuchung	DIN EN ISO 22475-1 (01/2007)	Probenentnahmeverfahren und Grundwassermessungen - Teil 1: Techn. Grundlagen der Ausführung; techn. Grundlagen zur Entnahme von Proben von Boden, Fels, Grundwasser; Grundwassermessungen	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 (neuer Entwurf 09/2019)	FBU	HBU FM-BA
28	Probenahme Baugrund	DIN 4021 (10/1990)		zurückgezogen; wurde durch DIN EN ISO 22475-1 ersetzt		BBodSchV HBU
29	Probenahme aus Gesteinskörnungen	DIN 52101 (03/1988) (06/2005) (10/2013)	Verfahren zur Probenahme für Materialprüfungen zur Ermittlung durchschnittlicher Beschaffenheiten	ergänzt DIN EN 932-1; ungeeignet zur Bodenuntersuchung		BBodSchV HBU
30	Probenahme von Gesteinskörnungen aus Lieferungen, Lager und Anlagen	DIN EN 932-1 (11/1996)	Prüfverfahren für allgemeine Eigenschaften von Gesteinskörnungen - Teil 1: Probenahmeverfahren; Entnahme von Einzelproben und/oder Bildung von Mischproben/Sammelproben; Verfahren zur Anwendung im Bauwesen	ausschließlich geeignet zur Qualitätssicherung bei der Produktionskontrolle; keine grundmengenabhängige PN; ungeeignet zur Schadstoffcharakterisierung der beprobten Grundmenge; keine Hot-Spot-Probenahme; im Zweifelsfall schadstoffcharakterisierende PN durch LAGA PN 98	sollte ersetzt werden durch: LAGA PN 98	BBodSchV HBU
31	Geotechnische Erkundung und Untersuchung	DIN 18123 (11/1996) (04/2011)	Bestimmung der Korngrößenverteilung	veraltete bzw. zurückgezogene Norm; wurde ersetzt durch DIN EN ISO 17892-4		BBodSchV HBU FMA 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:)
32	Geotechnische Erkundung und Untersuchung	DIN EN ISO 17892-4 (04/2017)	Laborversuche an Bodenproben; Bestimmung der Korngrößenverteilung durch Siebung und Sedimentation (Aräometer- und Pipettenverfahren)	ersetzt DIN 18123 (04/2011); Sedimentationsverfahren beeinflussen in der Regel die Stoffgehalte von Bodenproben	FBU	HBU
33	Probenahme von Bodenverbesserungsmitteln und Kultursubstraten	DIN EN 12579 (01/2000) (02/2014)	Probenahme von losem und verpacktem Material; Festlegung von Probenahmezeitpunkt und -menge; Einzel- und Sammelprobenanzahl; Probenbeschriftung und -versand	beschreibt die Beprobung der Produkte, die auf oder in den Boden eingebracht werden sollen; nur anwendbar bei homogenen Produkten; Probenahmeverfahren nicht konkret; Probenahmequalitätsziele werden nicht erreicht		BioAbfV FMA HBU
34	Bodenverbesserungsmittel und Substrate	Methodenbuch der Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V. zur Analyse organischer Düngemittel, 5. Auflage (09/2006)		Verweis in der BioAbfV auf das Methodenbuch <u>nur</u> für die Bestimmung des Anteils an Steinen und Fremdstoffen		BioAbfV
35	Bodenschutz bei Planung und Durchführung von Bauvorhaben	DIN 19639 (09/2019)	Aufgaben der bodenkundlichen Baubegleitung, z. B. bei der Planung, Ausführung und Nachsorge von Leitungstrassen			HBU
36	Verwendung von Bodenmaterial und Baggergut für die Herstellung eines durchwurzelbaren Bodenprofils	DIN 19731 (05/1998)	Bodenbeschaffenheit - Verwertung von Bodenmaterial	DIN 19731 wird derzeit überarbeitet		BBodSchV 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 der Materialien wiedergeben. Dies ist bei Abfällen und aufgefüllten Böden besonders schwierig, da diese neben einer inhomogenen Schadstoffverteilung zusätzlich noch eine heterogene Matrix aufweisen können. Die Probenahme ist deshalb integraler Bestandteil der physikalischen, chemischen und biologischen Untersuchung und beeinflusst maßgeblich die Reproduzierbarkeit und damit verbunden die Belastbarkeit der Ergebnisse.

Um die Ergebnisunsicherheit in vertretbaren 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!

Die LAGA PN 98 formuliert „Grundregeln für die Entnahme von Proben“, sie stellt also einen Rahmen für die Planung und Durchführung der Probenahme dar. Sie ist dabei keine konkrete Handlungsanleitung (kein „Patentrezept“ für die Probenahme), denn eine detailliert festgelegte, alle Prüfgüter umfassende Vorgehensweise ist bei der Feststoffprobenahme nicht möglich; vielmehr muss ein pragmatischer, einzelfallbezogener Ansatz unter Einbeziehung aller Vorinformationen gefunden werden.

Es ist zu beachten, dass es sich bei den Vorgaben der LAGA PN 98 um grundlegende Anforderungen handelt. Je nach Zielsetzung (z. B. Forschungsvorhaben mit erhöhten Anforderungen an Zuverlässigkeit/Vertrauenswürdigkeit und der Heterogenität des Untersuchungsgegenstandes) kann das Anforderungsniveau auch sehr viel höher liegen.

II.1.2.1 Schulungsinhalte für Probenehmer nach LAGA PN 98

Die Anforderungen an Schulungsinhalte für Probenehmer sind der „Handlungshilfe zur Anwendung der LAGA-Mitteilung 32 (LAGA PN 98)“ zu entnehmen. Darüber hinaus ist die fachliche und praktische Einarbeitung der geschulten Probenehmer von äußerster Wichtigkeit.

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

Lfd. Nr.	Anwendungsbe- reich	Verfahren	Kurzbeschreibung	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
1	Probenahme von festen und stichfesten Abfällen sowie abgelagerten Materialien im Rahmen der Prüfung zur stofflichen oder energetischen Verwertung bzw. zur Beseitigung	LAGA-Mitteilung 32 (LAGA PN 98) (12/2004) (05/2019)	Feststoffcharakterisierende Probenahme, „Hot-Spot“-Probenahme, volumen-/ massenabhängige und sortenreine Probenahme; Probenvorbehandlung	ungeeignet für nicht stichfeste und flüssige Abfälle; Konkretisierungen finden sich in der „Handlungshilfe zur Anwendung der LAGA PN 98“	Forum-AU	DepV LAGA M20 FMA HBU FM-BA
2	Probenahme von Gesteinskörnungen aus Lieferungen, Lager und Anlagen	DIN EN 932-1 (11/1996)	Prüfverfahren für allgemeine Eigenschaften von Gesteinskörnungen - Teil 1: Probenahmeverfahren; Entnahme von Einzelproben und/oder Bildung von Mischproben/Sammelproben; Verfahren zur Anwendung im Bauwesen	ausschließlich geeignet zur Qualitätssicherung bei der Produktionskontrolle; 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: LAGA PN 98	LAGA M20 HBU

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

Lfd. Nr.	Anwendungsbereich	Verfahren	Kurzbeschreibung	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
3	Probenahme flüssiger "Abfälle"	DIN 51750-1 (12/1990) DIN 51750-2 (12/1990) DIN 51750-3 (02/1991)	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 flüssiger Abfälle	Forum-AU	AltöIV ¹² BioAbfV ¹³ FMA
4	Flüssige Mineralölerzeugnisse	DIN EN ISO 3170 (06/2004)	Manuelle Probenahme			AltöIV
5	Flüssige Mineralölerzeugnisse	DIN EN ISO 3171 (11/2000)	Automatische Probenahme aus Rohrleitungen			AltöIV
6	Probenahme zur stofflichen und energetischen Verwertung sowie Beseitigung von Altholz	AltholzV Anhang IV Nr. 1.1 Probenahme	Probenahme aus bewegtem Stoffstrom; Entnahme von Einzelproben, Bildung von Mischproben	keine differenzierte PN-Strategie zur Materialcharakterisierung; keine sortenreine PN; nur "Produktkontrolle"; keine Haufwerksbeprobung vorgesehen; unzureichende Probenmengen		AltholzV FMA

¹² AltöIV zitiert DIN 51750-1

¹³ BioAbfV zitiert DIN 51750-1 und DIN 51750-2

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

Lfd. Nr.	Anwendungsbe- reich	Verfahren	Kurzbeschreibung	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
7	Abfallprobenahme am Entstehungsort; Abfallprobenahme am Ort der Verwer- tung	VersatzV Anlage 3 Nr 1.1 Probenahme		keine konkreten Handlungs- empfehlungen; kein konkreter Hinweis zum Probenahmever- fahren	sollte ersetzt werden durch: LAGA PN 98	VersatzV
8	Probenahme von Bodenverbesser- ungsmitteln und Kultursubstraten	DIN EN 12579 (01/2000) (02/2014)	Probenahme von losem und verpacktem Ma- terial; Festlegung von Probenahmezeitpunkt und -menge; Einzel- und Sammelproben- anzahl; Probenbeschriftung und -versand	beschreibt die Beprobung der Produkte, die auf oder in den Boden eingebracht werden sollen; nur anwendbar bei homogenen Produkten; Pro- benahmeverfahren nicht kon- kret; Probenahmequalitätszie- le werden nicht erreicht		BioAbfV FMA HBU
9	Probenahme von Schlämmen ver- schiedener Konsis- tenz	DIN EN ISO 5667-13 (08/2011)	Probenahme von Schlämmen aus unter- schiedlichen Anlagen, Haufwerken und Transportfahrzeugen	keine differenzierte Probe- nahmestrategie; Testprobe- nahme ermöglicht die Be- rücksichtigung der inhomogen Stoffverteilung		BioAbfV FMA AbfKlärV HBU
10	Feststoffe (Haufwerke)	DIN 19698-1 (05/2014)	segmentorientierte Probenahme an Haufwer- ken von homogener bis extrem heterogener Zusammensetzung; volumenabhängige Pro- benahme; Gewinnung von Einzel-, Misch- und Laborproben	keine Hot-Spot-Probenahme; keine Entnahme von Sam- melproben vorgesehen; Fest- schreibung der Analysenpro- benanzahl; teilweise inhaltli- che Überschneidungen mit der LAGA PN 98; Für Geltungsbereich BBodSchV nicht geeignet! <u>Überarbeitung wegen be- kannter Fehler erforderlich!</u>	Bisher nicht mit anderen Teilen der Normenreihe und auch nicht mit der Reihe DIN ISO 18400 harmonisiert; Überarbei- tung im zuständigen DIN-Gremium beschlos- sen; in dieser Fassung wird die Anwendung nicht empfohlen	HBU AbfKlärV DepV FMA

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

Lfd. Nr.	Anwendungsbereich	Verfahren	Kurzbeschreibung	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
11	Feststoffe (Haufwerke, von denen bekannt ist, dass sie eine „weitestgehend gleichbleibende stoffliche Zusammensetzung aufweisen“)	DIN 19698-2 (12/2016)	materialcharakterisierende Probenahme 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; entspricht somit nicht den Qualitätsstandards der DIN EN ISO/IEC 17025 bzgl. der Ermittlung der Gesamtstreuung von Untersuchungsergebnissen inkl. Probenahmestreuung; für Entsorgungsfragen ungeeignet; geeignet zur stofflichen Charakterisierung von Produkten, güteüberwachten RC-Materialien; Für Geltungsbereich BBodSchV nicht geeignet!	Bis auf Teil 1 der DIN 19698 nicht mit anderen Teilen der Normenreihe und auch nicht mit der Reihe DIN ISO 18400 harmonisiert; Überarbeitung im zuständigen DIN-Gremium beschlossen; in dieser Fassung wird Anwendung nicht empfohlen	DepV HBU
12	Untersuchung von Feststoffen - Probenahme von festen und stichfesten Materialien	DIN 19698-5 (06/2018)	Anleitung für die Beprobung von Hot-Spots in Grundmengen; Hinweise zum Erkennen und Charakterisieren von Hot-Spots, die eine Charakterisierung der Grundmenge behindern	keine stoffliche Charakterisierung der Grundmenge möglich; ausschließlich für die Untersuchung von Hot-Spots geeignet; Norm ist zwingend im Zusammenhang mit DIN 19698-1 anzuwenden		DepV HBU

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

Lfd. Nr.	Anwendungsbereich	Verfahren	Kurzbeschreibung	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
13	Untersuchung von Feststoffen - Probenahme von festen und stichfesten Materialien; Probenahme von Linienbauwerken	DIN 19698-6 (01/2019)	In situ-Beprobung; zur Beprobung von linienartigen Grundmengen (z. B. Straßen, Gleisbettungen, Dämmen, Trassen) vorgesehen sowie für flächige Grundmengen oder Bauwerke (bei Rückbau) und Fundamenten, bei denen von einer homogenen Merkmalsverteilung auszugehen ist und keine Möglichkeit zu Ausbau und Zwischenlagerung besteht	stoffliche Charakterisierung der Grundmenge durch Einzel-, Misch- und Laborproben; keine Sammelprobenuntersuchung möglich; keine Hot-Spot-Probenahme; ungeeignet zur Flächenprobenahme aufgrund fehlender Probenahmestrategie; zur Beprobung im „außerstädtischen Bereich“ bei nachgewiesener homogener Stoffverteilung anwendbar; unverhältnismäßig großer Aufwand für Gleis- schotteruntersuchungen; Ungeeignet für Geltungsbereich BBodSchV! Nicht anwendbar bei Flächen mit Verdacht auf schädliche Bodenveränderungen und zur Baugrunduntersuchung.	bezieht sich in wesentlichen Teilen auf die zu überarbeitende DIN 19698-1, die aber bisher nicht auf die Möglichkeit einer in situ-Beprobung eingeht; Norm ist überarbeitungsbedürftig.	DepV HBU

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	Wasserbeschaffenheit – Probenahme, Probenahmeplanung	DIN EN ISO 5667-1 (04/2007)	Anleitung zur Erstellung von Probenahmeprogrammen und Probenahmetechniken; beschreibt die Anwendungsbereiche der anderen Teile der Normenreihe ISO 5667 und die allgemeinen Grundlagen für alle Aspekte der Probenahme von Wasser, Abwasser, Schlämmen, suspendierten Stoffen, Sedimenten	obligatorischer Parameter gemäß FM-BA; enthält keine detaillierten Anweisungen für besondere Probenahmegegebenheiten; Entwurfsversion 09/2019 vorhanden		FM-BA HBU
2	Grundwasserprobenahme	ISO 5667-11 (04/2009)		obligatorischer Parameter gemäß FM-BA; bedingt geeignete Norm		FM-BA
3	Grundwasserprobenahme	DIN 38402-13 (12/1985)	umfassende Darstellung der Strategie, Planung und Durchführung der gängigen Vorgehensweisen zur Grundwasserprobenahme	Entwurfsversion 05/2020 vorhanden		FM-BA
4	Probenahme aus Grundwassermessstellen	DVGW W 112 (10/2011)		obligatorischer Parameter gemäß FM-BA; eingeschränkter Anwendungsbereich gegenüber der neuen DIN 38402-13		FM-BA
5	Sickerwasserprobenahme, In situ-Erfassung von Bodenwasser	DWA-M 905 (05/2012)	Gewinnung von Bodenlösung - Beprobungssysteme und Einflussgrößen; Probenahme mittels Saugkerzen; Beschreibung der Möglichkeiten und Grenzen der in situ-Erfassung des Bodenwassers	optionaler Parameter gemäß FM-BA; gibt einen Überblick über verfügbare Systeme und deren Eignung; keine Verfahrensbeschreibung der einzelnen Methoden		FM-BA
6	Sickerwasserprobenahme	DVWK-Merkblatt 217 (1990)	Gewinnung von Bodenwasserproben mit Hilfe der Saugkerzen-Methode	optionaler Parameter gemäß FM-BA; Fassung von 1990 dürfte hinsichtlich aktueller technischer Entwicklungen veraltet sein		FM-BA

II.1.4 Probenahmeplanung, Probenahme Bodenluft

Die Probenahme und Untersuchung von Bodenluft wird u. a. zur Erkundung von Bodenkontaminationen durch leichtflüchtige Substanzen, aber auch zur Ermittlung von Gasmigrationen in Böden, z. B. Deponiegasen, verwendet.

Es handelt sich um kostengünstige, aber zum Teil technisch aufwändige Probenahmeverfahren, die auf luftdurchlässiges Lockergestein beschränkt sind.

Die Ergebnisunsicherheit von Bodenlufterkundungen ist allgemein sehr hoch, die Reproduzierbarkeit dagegen sehr gering.

Bodenluftuntersuchungen können durch Probenahme und Laboranalytik, aber auch direkt vor Ort mit Prüfröhrchen oder direktanzeigenden Gasmessgeräten (z. B. PID, FID) erfolgen.

Es darf nicht davon ausgegangen werden, dass Bodenluftgehalte mit Feststoffgehalten korrelieren.

Die Untersuchungsergebnisse von Bodenluft haben grundsätzlich orientierenden Charakter. Zur Beurteilung eines konkreten Handlungsbedarfs in der Vollzugspraxis des Bodenschutzes sind sie nicht geeignet.

Tab.II.1.4 Probenahmeplanung, Probenahme Bodenluft

Lfd. Nr.	Anwendungsbereich	Verfahren	Kurzbeschreibung	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
1	Probenahme Bodenluft	VDI 3865-1 (10/1992) (06/2005)		veralteter Stand; neu: (06/2005)		BBodSchV HBU
2	Probenahme Bodenluft	VDI 3865-1 (06/2005)	Hinweise zur Messplanung und -strategie für den Einsatz von Bodenluftuntersuchungen		FBU	FM-BA HBU
3	Messplanung für Bodenluftuntersuchungsverfahren	VDI 3865-2 (01/1998)	Beschreibung verschiedener Verfahren zur Gewinnung von Bodenluftproben			BBodSchV HBU FM-BA
4	Probenahme Bodenluft	DIN ISO 10381-7 (10/2007)		Norm zurückgezogen	sollte ersetzt werden durch: VDI 3865-1	FM-BA HBU
5	Messplanung	VDI 3860-4 (06/2012)	Messen von Deponiegasen - Messungen im Untergrund	bspw. bei der Untersuchung von Altlasten relevant		

II.2 Schnellanalysenmethoden und Vor-Ort-Verfahren

Die Anwendung von Vor-Ort-Verfahren ermöglicht eine größere Untersuchungsdichte und durch eine gezielte Laborprobenauswahl eine höhere Effizienz von Probenahmen. Konzentrationsschwerpunkte (Hot-Spots) oder Grenzen belasteter Bereiche können schneller und genauer erkannt werden.

Eine ausschließliche Beurteilung anhand von Vor-Ort-Untersuchungsergebnissen birgt jedoch das Risiko, dass Schadstoffpotenziale deutlich über- oder unterschätzt werden, woraus falsche Rückschlüsse für das Schadstoffinventar gezogen werden könnten.

Justitiable Untersuchungsergebnisse sind nur mit konventionellen Laboranalysen zu erhalten. Eine Kombination von Vor-Ort-Verfahren mit Laboranalysen erlaubt dagegen eine genauere Charakterisierung des Schadstoffinventars und ist gerade bei größeren Projekten sinnvoll.

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

Elementbestimmung mittels mobiler RFA

Elementbestimmung mittels mobiler RFA	
Prinzip	Atome emittieren nach Anregung mit energiereicher Strahlung (Elektronen-, Teilchen-, Röntgen-, Gammastrahlung) charakteristische Röntgenfluoreszenzstrahlung (Gesetz von Moseley)
Techniken	Handgeräte basieren auf energiedispersiver Röntgenfluoreszenzanalyse (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 handgehaltener Geräte nach Art der Anregung zwischen Radionuklidquellengeräten und Röntgenröhrengeräten
Proben-vorbereitung	Die Messungen erfolgen punktförmig an der Oberfläche der Probe mit (abhängig vom Probenmaterial) geringer Eindringtiefe (typ. 0,1 mm). Eine verbesserte Präzision wird durch Trocknung und Mahlen des Probenmaterials erreicht (Homogenisierung).
Leistungs-vermögen	Mit handgehaltenen Geräten werden Nachweisgrenzen für die in den Verordnungen aufgelisteten Elemente von < 100 mg/kg, für einige (u. a. Pb, Cd, Hg) von ca. 10 mg/kg erreicht. Es sind, ohne Evakuierung der Probe, Elemente von Schwefel (OZ 16) bis Uran (OZ 92) bestimmbar. Handgeräte verwenden typischerweise eine vom Hersteller festgelegte Kalibration, die anhand von Referenzproben überprüft werden sollte. Bei nicht aufbereiteten Proben können wegen heterogener Matrix und inhomogener Stoffverteilung 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).
Bedienung und Auswertung	Für eine sachgerechte Bedienung und Interpretation ist eine ausgewiesene Fachkompetenz erforderlich.
Umgangs-genehmigung	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.

Schnelleluat gemäß DIN 19902

Das im Rahmen eines LFP-Projektes erarbeitete Schnelleluationsverfahren gemäß DIN 19902 eignet sich als Vor-Ort-Elutionsverfahren zur Ermittlung der mobilisierbaren anorganischen Stoffanteile. Das Verfahren erreicht bereits nach einem nur 30 Minuten dauernden Elutionsprozess Elementkonzentrationen im Eluat, die mit dem Verfahren gemäß DIN EN 12457-4 vergleichbar sind. Die Validierung erfolgte mit drei verschiedenen Materialtypen (RC-Baustoff, Stahlwerksschlacke, HMVA-Asche). Denkbar wäre ein Einsatz des Verfahrens z. B. bei Deponieeingangskontrollen (Identifikationsanalyse) oder bei Einbaukontrollen zum Screening größerer Materialmengen.

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

Lfd. Nr.	Parameter	Material-typ	Verfahren	Probenaufarbeitung	Kurzbeschreibung	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
1		Boden	DIN EN ISO 12404 (11/2015)		Bodenbeschaffenheit - Anleitung für Auswahl und Anwendung von Vor-Ort-Verfahren	Guideline-Norm, gibt einen guten Überblick		HBU
2	Schwermetalle, Halogene (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 Probenahmesteuerung; zur Vor-Ort Elementbestimmung geeignet, da vergleichbare Ergebnisse zur Konventionmethode erhalten werden	Forum-AU	HBU
3	Schwermetalle, Halogene (Cl)	Abfall, Altlastenmaterial	DIN CEN/TR 16176 DIN SPEC 19776 (03/2012)	Verdichtung nach Zerkleinerung mittels Handmörser	Screening Verfahren zur Elementbestimmung			HBU
4	Vor-Ort-Elution	Abfall, Altlastenmaterial	DIN 19902 (03/2018)	Zerkleinerung <10mm; (Heißelution)	Schnell-(Vor-Ort)-Elutionsverfahren zur Identifikationsanalyse (s/l=1:10) mit ggf. Vor-Ort-Elementbestimmung; Schnellelution mit s/l=1:2 ebenfalls möglich (Sickerwasserprognose)	zur Untersuchung der mobilisierbaren anorganischen Stoffanteile entwickelt; liefert vergleichbare Gehalte zur DIN EN 12457-4 in ca. 30 min; „Experimentelle Umschlüsselung“ von s/l=1:10 nach s/l=1:2 möglich; Sickerwasserprognose in ca. 30 min; Spezialverfahren, dass für bestimmte Fragestellungen herangezogen werden kann		HBU

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) (07/2019)		gilt für Grund- und Sickerwasser	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, BTEX, MTBE) durch Überschichtung	DIN EN ISO 22155 (05/2012) (07/2016)				HBU FM-BA

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 organischen 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 (02/2002) (03/2007)	Gravimetrie; Verfahren A: Bestimmung bei $105 \pm 3 \text{ °C}$; Verfahren B: Direkte Karl-Fischer-Titration	A: feste Abfälle; B: flüssige Abfälle (azeotrope Gemische); Norm zurückgezogen	sollte ersetzt werden durch: DIN EN 15934	HBU FM-BA DepV LAGA M20 FMA
2	Boden	Trockenrückstand	DIN ISO 11465 (12/1996)	Trocknen bei 105 °C	Norm zurückgezogen	sollte ersetzt werden durch: DIN EN 15934	VersatzV BBodSchV HBU FM-BA LAGA M20
3	Schlämme (flüssig, pastös)	Trockenrückstand	DIN EN 12880 (02/2001)	Trocknen bei 105 °C		sollte ersetzt werden durch: DIN EN 15934	HBU FMA
4	Schlämme, Sedimente	Trockenrückstand	DIN 38414-2 (11/1985)	Trocknen bei $105 \pm 2 \text{ °C}$	Norm zurückgezogen; wurde ersetzt durch DIN EN 12880	sollte ersetzt werden durch: DIN EN 15934	VersatzV BBodSchV HBU
5	Schlamm, Bioabfall, Boden, Abfall	Trockenrückstand; Wassergehalt	DIN EN 15934 (11/2012)	Methode A: Trocknen bei 105 °C ; Methode B: Karl-Fischer-Titration (volumetrisch /coulometrisch); Azeotrope Destillation	Ausschließlich Verfahren A verwenden! Verfahren ersetzt DIN EN 14346 und DIN ISO 11465	FBU, Forum-AU	HBU AbfKlärV FMA
6		Feuchtigkeitsgehalt	DIN 52183 (11/1977)	Trocknen bei 103 °C	feste Brennstoffe; Feuchtegehaltbestimmung von Hölzern; Norm zurückgezogen; Empfehlung des Regelsetzers: DIN EN 1383-1	sollte ersetzt werden durch: DIN EN 15934	AltholzV FMA
7	Boden, Kultursubstrate	Trockenrückstand	DIN EN 13040 (02/2007) (01/2008)	Trocknen bei $103 \pm 2 \text{ °C}$ (Kap. 10 der Norm)	für Abfälle mit bodenartiger Matrix geeignet; zur mechanischen Probenvorbereitung von Abfällen außerhalb der BioAbfV ist DIN 19747 zu favorisieren	sollte ersetzt werden durch: DIN EN 15934	BioAbfV HBU FMA

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, oder Metallpartikel, wie z. B. Bleischrot, Kupferstücke, entfernt. Es werden Untersuchungen nur an Teilproben und Teilfraktionen (z. B. < 2 mm, < 63 µm) 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 Probenbearbeitung 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 chemische, physikalische und biologische Untersuchungen	DIN 19747 (07/2009)	Vorbehandlung, Vorbereitung, Aufarbeitung	schließt lückenlos an LAGA PN 98 an; komplettiert Vorgehensweisen zwischen Probenahme und Analytik; beinhaltet alle im untergesetzlichen Regelwerk und Regelungen geforderten Schritte der Probenvorbereitung	FBU, Forum-AU	DepV FMA FM-BA HBU AbfKlärV
2	Vorbehandlung von Bodenproben, die mit physikalisch-chemischen Verfahren untersucht werden sollen	DIN ISO 11464 (12/1996) (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 zurückgezogen; wurde ersetzt durch DIN 19747	sollte ersetzt werden durch: DIN 19747	BBodSchV HBU
3	Vorbehandlung von Bodenproben im Labor vor der Bestimmung organischer Verunreinigungen	DIN ISO 14507 (02/1996) (07/2004)	Eigenschaften und Informationen zu flüchtigen und mäßig flüchtigen organischen Verbindungen	nicht anwendbar zur Bestimmung flüchtiger organischer Inhaltsstoffe; defizitäre Ansätze zur Untersuchung von Feststoffen auf organische Verunreinigungen; Norm zurückgezogen; wurde ersetzt durch DIN 19747	sollte ersetzt werden durch: DIN 19747	BBodSchV HBU
4	Probenbeschreibung	Bodenkundliche Kartieranleitung 4. Auflage (KA4), 1996	Bestimmung der Bodenart; Korngrößenverteilung	Ansprache im Gelände durch Fingerprobe; ersetzt durch 5. Auflage unter Einarbeitung der Kriterien für die Stadtbodenkartierung	KA5 verwenden	BBodSchV
5	Probenahme bei der Untersuchung von natürlichen, naturnahen und Kulturstandorten; Probenbeschreibung	Bodenkundliche Kartieranleitung 5. Auflage (KA5), 2005	Bestimmung der Bodenart; Korngrößenverteilung	Ansprache im Gelände durch Fingerprobe; auf kontaminierten Flächen mit Rücksicht auf die Arbeitssicherheit nicht immer einsetzbar; je nach Fragestellung ist „KA5-kurz“ ausreichend	FBU	HBU

Tab.II.3.3 Mechanische Probenvorbereitung

Lfd. Nr.	Anwendungsbereich	Verfahren	Kurzbeschreibung	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
6	Beschreibung von Bodenhorizonten und -profilen sowie der bodenkundlichen und sensorischen Ansprache von Bodenproben; keine Probenahmeanleitung	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 Vollzug des BBodSchG ausgelegt	FBU	FM-BA HBU
7	Boden	DIN 19682-2 (04/1997) (11/2007) (07/2014)	Bestimmung der Bodenart; Korngrößenverteilung		FBU	HBU BBodSchV FM-BA FMA
8	Boden	DIN ISO 11277 (06/1994) (08/2002)	Bestimmung der Korngrößenverteilung		FBU	FM-BA HBU BBodSchV
9	Boden	DIN 19683-2 (04/1973)	Bestimmung der Bodenart; Felduntersuchung; Bestimmung der Korngrößenverteilung nach Dispersion mit Na ₄ P ₂ O ₇ -Lösung	zurückgezogene Norm	sollte ersetzt werden durch: DIN ISO 11277	BBodSchV HBU
10	Boden	DIN 18123 (11/1996) (03/2010) (04/2011)	Bestimmung der Korngrößenverteilung	veraltete bzw. zurückgezogene Norm	sollte ersetzt werden durch: DIN ISO 11277	BBodSchV HBU FM-BA FMA
11	stoffliche und energetische Verwertung von Altholz	AltholzV Anhang IV Nrn. 1.2 und 1.3	Hinweise zum Homogenisieren, Reduzieren, Zerkleinern und Trocknen	keine inhaltsstoffspezifische Probenvorbereitung; systematische Fehler bei der Probenvorbereitung leicht flüchtiger Verbindungen	sollte ersetzt werden durch: DIN 19747	AltholzV FMA
12	Abfall am Entstehungsort; Abfall am Ort der Verwertung	VersatzV Anlage 3 , Nr. 1.2	Hinweise zum Homogenisieren, Teilen, Zerkleinern, Trocknen	zu stark differenzierte, unübliche Probenvorbereitungsschritte	sollte ersetzt werden durch: DIN 19747	VersatzV
13	Untersuchung fester Abfälle	Teil III LAGA M20	allgemeine Hinweise auf existierende Normen	Begrenzung durch Leistungsfähigkeit der zitierten Normen	sollte ersetzt werden durch: DIN 19747	LAGA M20

Tab.II.3.3 Mechanische Probenvorbereitung

Lfd. Nr.	Anwendungsbereich	Verfahren	Kurzbeschreibung	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
14	unbehandelte und behandelte Abfälle	BioAbfV, Anhang 3 Nr. 1.2 Probevorbereitung	Hinweise zum Homogenisieren, Teilen, Zerkleinern, Sieben und Trocknen		sollte ersetzt werden durch: DIN 19747	BioAbfV
15		BioAbfV, Anhang 3 Nr. 1.3.3 Bestimmung des Anteils an Steinen und Fremdstoffen	Teilung, Zerkleinerung, Siebung (10 mm; 2 mm)		sollte ersetzt werden durch: DIN 19747	BioAbfV FMA
16	feste und flüssige 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	sollte ersetzt werden durch: DIN 19747	HBU
17	allgemeines Prüfverfahren für Gesteinskörnungen	DIN EN 932-2 (03/1999)	Teilungstechniken	ausschließlich auf die Prüfung allgemeiner Eigenschaften von Gesteinskörnungen anwendbar; nur für Produkte geeignet; nicht auf Untersuchung chemischer Parameter ausgelegt und infolgedessen für Umweltuntersuchungen nicht geeignet	sollte ersetzt werden durch: DIN 19747	
18	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 organische Extrakte, Auszüge); defizitäre Terminologie	sollte ersetzt werden durch: DIN 19747	HBU
19	Feste Brennstoffe	DIN 51701-3 (08/1985) (09/2006)	Zerkleinern, Mischen, Teilen von festen Brennstoffen, insbesondere von Braun- und Steinkohle sowie von Briketts und Koks	ungeeignete Techniken zur Untersuchung umweltrelevanter Parameter	sollte ersetzt werden durch: DIN 19747	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 ISO 54321 ausreichend. Die DIN EN ISO 54321 wurde als horizontale Norm als Zusammenfassung der ISO 11466, der DIN EN 13657 und DIN EN 16174 im April 2021 veröffentlicht. Der Aufschluss mit Königswasser setzt Elemente aus vielen geologischen Matrizen nicht unbedingt vollständig frei. Die Validierungsringversuche zur DIN EN ISO 54321 bzw. der Vorgängernorm 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 je nach Matrix 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 gemäß EN 13656 notwendig sein. Dazu wird ein Säuregemisch aus HF bzw. $\text{HBF}_4/\text{HNO}_3/\text{HCl}$ 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-, Perchlorsäureaufschluss	DIN ISO 14869-1 (01/2003)	Feinmahlung	Totalaufschluss für den Bodenbereich; Perchlorsäureaufschluss aus Arbeitsschutzgründen problematisch		HBU
2	Boden	Alkalischer Schmelzaufschluss	DIN ISO 14869-2 (01/2003)	Feinmahlung (< 80 µm)	Probenaufarbeitung gemäß DIN 19747 (< 80 µm); Metaborat-Schmelzaufschluss im Pt-Tiegel bei 450 °C für RFA-Analysen		HBU
3	Abfall	Mikrowellenaufschluss mit Flusssäure, Salpetersäure, Salzsäure	DIN EN 13656 (01/2003)	Mahlen < 250 µm	Totalaufschlussverfahren In 2020 ist die EN 13656 erschienen. Hier wird HBF ₄ anstatt HF zugelassen und der Aufschluss im Heizblock mit Kunststoffröhrchen eingeführt und im Ringversuch verifiziert. Derzeit liegt die deutsche Fassung der DIN EN 13656 im Entwurf vor. Nach der Einführung sollte diese Anwendung finden.		HBU
4	Boden, Bioabfall, Schlamm, Abfall	Königswasseraufschluss	DIN EN ISO 54321 (04/2021)	< 250 µm	Königswasseraufschluss offen unter Rückfluss (Verfahren A1); Königswasseraufschluss offen im Kunststoffröhrchen im Heizblock (Verfahren A2); Königswasseraufschluss geschlossen in der Mikrowelle mit Temperaturregelung (Verfahren B); bei der Bestimmung von Elementen, die flüchtige Verbindungen bilden (z. B. Hg, As), ist während der Probenvorbehandlung besondere Sorgfalt erforderlich	FBU, Forum-AU	
5	Bodenverbesserer, Kultursubstrate	Königswasseraufschluss	DIN EN 13650 (01/2002)	< 500 µm	Wird ersetzt durch DIN EN ISO 54321	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 54321	BioAbfV FMA HBU

Tab.II.3.4.1 Extraktions- und Aufschlussverfahren

Lfd. Nr.	Materialtyp	Parameter	Verfahren	Probenaufarbeitung	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
6	Abfall	Königswasseraufschluss	DIN EN 13657 (01/2003)	Mahlen < 250 µm	A: Mikrowelledruckaufschluss 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 und C; bei der Bestimmung von Elementen, die flüchtige Verbindungen bilden (z. B. Hg, As), ist während der Probenvorbehandlung besondere Sorgfalt erforderlich; wird ersetzt durch DIN EN ISO 54321	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 54321	DepV FMA LAGA M20 FM-BA HBU
7	Abfall, Boden	Königswasseraufschluss	E-DIN EN 13657 (10/1999)	Mahlen < 250 µm	wurde ersetzt durch DIN EN 13657	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 54321	AltholzV FMA
8	Schlämme, Sedimente	Königswasseraufschluss	DIN 38414-7 (11/1983)	Mahlen < 100 µm	Norm zurückgezogen; wurde ersetzt durch DIN EN 13346	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 54321	VersatzV
9	Boden	Königswasseraufschluss	DIN ISO 11466 (06/1997)	Mahlen < 150 µm	Norm zurückgezogen; Berücksichtigung des TOC-Gehaltes für die Säuremenge; wurde ersetzt durch DIN EN ISO 54321	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 54321	LAGA M20 BBodSchV HBU FM-BA
10	Bioabfall, Boden, Klärschlamm	Königswasseraufschluss	DIN EN 16174 (11/2012)	Teil A: offener KW-Aufschluss; Teil B: KW-Mikrowelledruckaufschluss (175 °C; 10 min)	als Ersatz für DIN ISO 11466 empfohlen; matrixübergreifend gültige Aufschlussnorm ohne konkrete Vorgaben zur Probenaufarbeitung (Materialaufarbeitung < 250 µm gemäß DIN 19747); verweist auf defizitäre DIN EN 16179; inhaltlich ersetzt durch DIN EN ISO 54321	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 54321	HBU AbfKlärV FMA

Tab.II.3.4.1 Extraktions- und Aufschlussverfahren

Lfd. Nr.	Materialtyp	Parameter	Verfahren	Probenaufarbeitung	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
11	Bioabfall, Boden, Klärschlamm	Salpetersäureaufschluss	DIN EN 16173 (11/2012)	Salpetersäure-Mikrowellen-druckaufschluss (175 °C; 10 min)	nicht gleichwertig mit KW-Aufschluss		HBU
12	Schlamm	Königswasseraufschluss	DIN EN 13346 (04/2001)	Mahlen	Verfahren A: Offener Aufschluss (für Klärschlämme); Verfahren B: Extraktion in Glasröhrchen (nicht empfehlenswert); Verfahren C: Mikrowellendruckaufschluss; Verfahren D: Mikrowellenaufschluss offen; Hinweis: Verfahren liefern insbesondere bei schwer aufschließbaren Verbindungen der Elemente differierende Ergebnisse (Aufschlussrate); wird ersetzt durch DIN EN ISO 54321	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 54321	AbfKlärV FMA HBU
13	Boden	Salpetersäure-Wasserstoffperoxid-aufschluss	DIN ISO 20279 (01/2006)		Aufschlussverfahren für Thallium-Bestimmung; optionaler Parameter gemäß FM-BA		FM-BA HBU
14	Abfall, Boden	Alkalischer Aufschluss; Extrakt für Cr(VI)	DIN EN 15192 (02/2007)	Mahlen < 250 µm; Extraktion mittels NaOH- und Na ₂ CO ₃ -Lösung in der Hitze; nach Extraktion Reaktion mit Diphenylcarbazid zwecks photometrischer Bestimmung von Cr(VI)	Aufschlussverfahren zur Cr(VI)-Bestimmung in Feststoffen	FBU, Forum-AU	FM-BA FMA

II.3.4.2 Elutions- und Perkulationsverfahren

Elutions- und Perkulationsverfahren wurden entwickelt, um den Einfluss des zu beurteilenden Feststoffes (Boden und Abfall) auf das Grund- und Oberflächenwasser abzuschätzen oder die Pflanzenverfügbarkeit darin enthaltener Schadstoffe zu ermitteln. Aufgrund der komplexen Prozesse, die in der Umwelt zu Schadstoffverfrachtungen führen können, sind die genannten Laborverfahren allenfalls eine Annäherung an die Realität.

Tab.II.3.4.2 Elutions- und Perkolationsverfahren

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 destilliertes Wasser; s/l=1:10; Korngröße < 10 mm, ohne oder mit Korngrößenreduzierung	nur für die Untersuchung der mobilen anorganischen Stoffanteile validiert; Norm ist in Verbindung mit Anhang E anzuwenden, um zu reproduzierbaren Ergebnissen zu gelangen	Forum-AU	DepV FMA HBU FM-BA LAGA M20
2	Schlamm, Sedimente	DIN 38414-4 (10/1984)	24h Schüttelverfahren; Elutionsmittel destilliertes Wasser; s/l=1:10	nur für die Untersuchung der mobilen anorganischen Stoffanteile vorgesehen; für organische Schadstoffe (z. B. PAK) ungeeignet; Norm in 12/2015 ersatzlos zurückgezogen	sollte ersetzt werden durch: DIN EN 12457-4	BBodSchV HBU VersatzV
3	Abfall, Boden-, Altlastenmaterial	LAGA-Mitteilung 33 (LAGA EW 98S) (2002)	24h Schüttelverfahren; Elutionsmittel destilliertes 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
4	Abfall, monolithisches und grobstückiges Material	LAGA-Mitteilung 33 (LAGA EW 98 T) (2002)	24h Rührversuch; Elutionsmittel destilliertes Wasser; s/l=1:10; Korngröße < 40 mm	nur für die Untersuchung der mobilen anorganischen Stoffanteile validiert; Methode wurde zurückgezogen	sollte ersetzt werden durch: DIN EN 1744-3	VersatzV
5	Gesteinskörnungen	DIN EN 1744-3 (11/2002)	24h Rührversuch; Elutionsmittel destilliertes Wasser; s/l=1:10; Korngröße < 32 mm	Trogverfahren für granulare Feststoffe		HBU
6	Abfall, Boden-, Altlastenmaterial	LAGA-Mitteilung 32 (LAGA EW 98p) (2002) (09/2017)	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
7	Feststoff (Abfall, Boden, Altlastenmaterial)	DIN 19529 (12/2015)	s/l=1:2; für anorganische und organische Komponenten	Methode stellt Zusammenführung der DIN 19527 (08/2012) und der DIN 19529 (01/2009) dar	FBU	HBU

Tab.II.3.4.2 Elutions- und Perkolationsverfahren

Lfd. Nr.	Anwendungsbereich	Verfahren	Kurzbeschreibung	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
8	Abfälle, Boden-, Altlastenmaterialien	DIN 19527 (08/2012)	Schütteltest; s/l=1:2; Elutionsmittel: destilliertes Wasser; Korngröße < 32 mm	Norm zurückgezogen; wurde ersetzt durch DIN 19529 (12/2015); nur zur Untersuchung der mobilen organischen Stoffanteile validiert (MKW C ₁₀ -C ₂₂ und C ₁₀ -C ₄₀ , PAK, PCB, Phenole ¹⁴)	sollte ersetzt werden durch: DIN 19529 (12/2015)	FM-BA
9	Abfälle, Boden-, Altlastenmaterialien	DIN 19529 (01/2009)	Schütteltest; s/l=1:2; Elutionsmittel: destilliertes Wasser; Korngröße < 32 mm	Norm zurückgezogen; wurde in DIN 19529 (12/2015) integriert und dadurch ersetzt; nur zur Untersuchung der mobilen anorganischen Stoffanteile validiert	sollte ersetzt werden durch: DIN 19529 (12/2015)	FM-BA HBU
10	Abfälle, Boden-, Altlastenmaterialien	DIN 19528 (01/2009)	Säulentest; Aufwärtsstromverfahren; Elutionsmittel: destilliertes Wasser; Korngröße < 32 mm;	nur zur Untersuchung der PAK und mobilen anorganischen Stoffanteile validiert	FBU	FM-BA FMA DepV HBU
11	Körniger Abfall	DIN CEN TS 14405 (09/2004)	Perkolationsprüfung (für anorganische Stoffe; Säulengröße abhängig von Korngröße)	Norm zurückgezogen; nicht validiertes Verfahren	sollte ersetzt werden durch: DIN 19528	FMA
12	Abfall	DIN EN 14405 (05/2017)	Perkolationsprüfung (für anorganische Stoffe; Säulengröße abhängig von Korngröße)	ersetzt DIN CEN TS 14405	sollte ersetzt werden durch: DIN 19528	DepV HBU
13	Bodenbeschaffenheit Ökotoxuntersuchung	DIN EN ISO 21268-1 (09/2020)	Schüttelverfahren; s/l=1:2			HBU
14	Boden	DIN 19730 (06/1997)	Extraktion mit 1M Ammoniumnitratlösung	Norm zurückgezogen; wurde ersetzt durch DIN ISO 19730	sollte ersetzt werden durch: DIN ISO 19730	HBU BBodSchV

¹⁴ Unter Phenole sind die im Kapitel II.7.2 „Abfall-, Boden- und Altlastenuntersuchungsrelevante organische Stoffgruppen“ gelisteten Einzelverbindungen zu verstehen.

Tab.II.3.4.2 Elutions- und Perkolationsverfahren

Lfd. Nr.	Anwendungsbereich	Verfahren	Kurzbeschreibung	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
15	Boden	DIN ISO 19730 (07/2009)	Extraktion mit 1M Ammoniumnitratlösung		FBU	FM-BA HBU
16	Boden	DIN 19738 (07/2004) (06/2017)	Physiologienaher Elutionstest für Schwermetalle, hydrophobe Organika (PAK, PCB)	Bestimmung der „Resorptionsverfügbarkeit“ kann im Rahmen der Detailuntersuchung von Bedeutung sein; optionaler Parameter gemäß FM-BA	FBU	FM-BA HBU
17	Salze	Bodensättigungsextrakt (BSE)	s. Infobox III A.3.2	ungeeignet zur Schadstoffuntersuchung von Boden- und Altlastenmaterialien; nicht validiert für anorganische und organische Schadstoffe	sollte ersetzt werden durch: DIN 19529 (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 Leitfähigkeiten können z. B. auf Probenvertauschungen, Täuschungen oder Inhomoginitäten hindeuten.

Eine Möglichkeit ist es wässrige Lösungen mittels Ionenbilanzen (DIN 38402-62:2014-12) zu prüfen. Stark organisch verschmutzte Wässer und Wässer mit abweichenden Puffersystemen können damit allerdings nicht beurteilt werden und sollten daher generell keiner Ionenbilanzierung unterzogen werden.

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 ₂ O/KCl = 1:5 H ₂ O/CaCl ₂ = 1:5 Suspension; Standzeit: 2-24h; B: H ₂ O/KCl = 1:5 H ₂ O/CaCl ₂ = 1:5 Suspension; Standzeit: 1-3h	Norm wurde zurückgezogen; neue DIN EN ISO 10390 liegt im Entwurf vor (02/2020)	sollte ersetzt werden durch: DIN EN 15933	VersatzV LAGA M20 BBodSchV HBU FM-BA FMA
	pH-Wert	Schlamm	DIN 38414-5 (09/1981)		ersetzt durch DIN EN 12176		FMA
	pH-Wert	Bodenverbesserer, Kultursubstrate	DIN EN 13037 (02/2000) (01/2012)	pH-Wertbestimmung in Suspension	kein Klärschlamm; Vorsiebung: A: < 20 mm, B: < 40 mm		BioAbfV FMA HBU
	pH-Wert	Boden, Bioabfall, Schlamm	DIN EN 15933 (11/2012)	0,01 mol CaCl ₂ -Lösung Schütteln oder Mischen; ca. 60 min.	fusioniert mit der DIN ISO 10390 zur DIN EN ISO 10390 (Entwurf liegt bereits vor)	FBU, Forum-AU	HBU AbfKlärV FMA
	pH-Wert	Boden	VDLUFA-Methodenbuch Bd. I, A.5.1.1	Aufschlammung mit CaCl ₂ - oder KCl-Lösung			FMA
2	Glühverlust	Abfall, Bodenmaterial	DIN EN 15169 (05/2007)	thermische Behandlung bei 550 ± 25 °C; anschließend Gravimetrie	für die Bestimmung des organischen Anteils ist der Feststoff-TOC gemäß DIN EN 13137 besser geeignet	Forum-AU	DepV FMA HBU
	Glühverlust	Bioabfall, Boden, Abfall	DIN EN 15935 (12/2010) (11/2012)		Unterscheidung für Proben mit geringem Anteil flüchtiger Bestandteile und Proben mit flüchtigen Bestandteilen		HBU AbfKlärV FMA

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

Lfd. Nr.	Parameter	Anwendungsbereich	Verfahren	Kurzbeschreibung	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk Regelungen (zitiert in:)
	Glühverlust	Schlämme, Sedimente	DIN 38414-3 (11/1985)		Norm zurückgezogen	sollte ersetzt werden durch: DIN EN 15169	VersatzV
3	Trockenmasse; Trockenrückstand	Bioabfall, Boden, Abfall	DIN EN 15934 (11/2012)			FBU, Forum-AU	AbfKlärV FMA HBU
4	Trockenrückstand; Wassergehalt	Abfälle mit Wassergehalt > 1 %	DIN EN 14346 (02/2002) (03/2007)	Gravimetrie-Verfahren A: Bestimmung bei 105 ± 3 °C; Verfahren B: Direkte Karl- Fischer-Titration	A: feste Abfälle; B: flüssige Abfälle (azeotrope Gemische); Norm zurückgezogen	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 15934	DepV LAGA M20 HBU FM-BA FMA
5	Glühverlust des Trockenrückstandes der Originalsub- stanz		DIN EN 13039 (02/2000) (01/2012)	Gravimetrie		sollte ersetzt werden durch: DIN EN 15169	BioAbfV FMA HBU
6	Bestimmung der Trockensubstanz und des Wasser- gehaltes	Boden	DIN ISO 11465 (12/1996)	Thermische Behandlung bei 105 ± 5 °C	Norm zurückgezogen; wurde ersetzt durch DIN EN 15934		VersatzV BBodSchV FM-BA HBU LAGA M20
7	Glühverlust der Trockenmasse	Schlämme, Schlamm- produkte	DIN EN 12879 (02/2004)	Thermische Behandlung bei 550 ± 25 °C; Differenzwägung	Norm zurückgezogen; wurde ersetzt durch DIN EN 15935		FMA
8	elektrische Leit- fähigkeit	Bodenmaterial	DIN ISO 11265 (06/1997)	Aufschlammung mit Wasser; s/l = 1:5	ersetzt DIN 19684-11		HBU
9	elektrische Leit- fähigkeit (Salzgehalt)	Bodenverbesserungsmittel, Kultursubstrate	DIN EN 13038 (02/2000) (01/2012)	Vorsiebung 20 mm oder 40 mm; Suspendierung/ Filtrierung; Lf- Bestimmung in wässrigem Extrakt	Vorsiebung: A: < 20 mm B: < 40 mm	Forum-AU	BioAbfV FMA HBU
10	Salzgehalt		VDLUFA- Methodenbuch Bd. I, A 10.1.1		Anwendung im Bodenbereich der BioAbfV		HBU

II.4.2 Eluate, Perkolate, Wasser

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 (01/1984) (07/2009)	Elektrometrisch (Glaselektrode)	pH3 - pH10; I = 0,3 mol/kg; T = 0 – 50 °C; L = 20000 mS/m; zurückgezogene Norm; wurde ersetzt durch DIN EN ISO 10523	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 10523	VersatzV HBU FMA LAGA M20
	pH-Wert	Eluate	DIN EN ISO 10523 (04/2012)	Elektrometrisch (Glaselektrode)	benennt Störeinflüsse bei Messungen; obligatori- scher Parameter gemäß FM-BA	FBU, Forum-AU	DepV FM-BA HBU
2	Elektrische Leitfähigkeit	Wasser	DIN EN 27888 (11/1993)	Summe der ionischen Bestandteile	ersetzt DIN 38404-8; obligatorischer Parameter gemäß FM-BA	FBU, Forum-AU	VersatzV DepV FMA HBU FM-BA LAGA M20
3	Trübung	Wasser	DIN EN ISO 7027 (04/2000)	Durchlichtmessung an zy- lindrischer Küvette	Störung durch gefärbte Lösungen; Alternative: Messung > 800 nm, FNU- Messung, 0-40 FNU oder 40-400 FAU; ersetzt DIN EN 27027; obligatorischer Parameter gemäß FM- BA; Norm zurückgezogen	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 7027-1	FM-BA LAGA M20
	Trübung	Wasser	DIN EN ISO 7027-1 (11/2016)	Quantitative Trübungsmes- sung im Durchlichtigkeitszy- linder		FBU, Forum-AU	HBU

Tab.II.4.2 Eluate, Perkolate, Wässer

Lfd. Nr.	Parameter	Anwendungsbereich	Verfahren	Kurzbeschreibung	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
4	Färbung	Wasser	DIN EN ISO 7887 (10/1994) (04/2012)	Messung der Extinktion bei: 436 nm, 525 nm, 620 nm			FM-BA HBU LAGA M20
5	Geruch	Alle Wässer	DEV B 1/2 (1971)		obligatorischer Parameter gemäß FM-BA		FM-BA
6	Gesamtgehalt gelöster Feststoffe	gelöste Feststoffe in Wässern und Eluaten > 200 mg/l	DIN EN 15216 (01/2008)	Bestimmung des Gesamtgehaltes an gelösten Feststoffen in Wässern und Eluaten			DepV FMA HBU
	Gesamtgehalt gelöster Feststoffe	alle Wässer	DIN 38409-1 (01/1987)	Bestimmung des Gesamttrockenrückstandes, des Filtratrückstandes und des Glührückstandes			VersatzV DepV FMA HBU
7	Abfiltrierbare Stoffe	alle Wässer	DIN 38409-2 (03/1987)	abfiltrierbare Stoffe	fälschlicherweise in der Deponieverordnung zitiert, in dieser Norm werden die abfiltrierbaren Stoffe bestimmt; Filtration sofort nach „Probenahme“; Ersatz für DIN 38409-2; verschiedene Filter zugelassen, es sollte aber nur der definierte Membranfilter mit 0,45 µm Porendurchmesser verwendet werden	sollte ersetzt werden durch: DIN 38409-1 (für Gesamtgehalt gelöster Feststoffe)	DepV FMA
8	Suspendierte Stoffe	Sickerwasser, Abwasser, Rohwasser	DIN EN 872	Bestimmung suspendierter Stoffe durch Abtrennung mittels Glasfaserfilter	UAG 2 mg/l; im Vergleich zur DIN 38409-2 sind Qualitätskriterien definiert und nur ein Filter zugelassen		

Tab.II.4.2 Eluate, Perkolate, Wässer

Lfd. Nr.	Parameter	Anwendungsbereich	Verfahren	Kurzbeschreibung	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
9	Sauerstoffgehalt	alle Wässer	DIN EN 25814 (11/1992)	elektrochem. Verfahren	Norm wurde zurückgezogen; obligatorischer Parameter gemäß FM-BA	sollte ersetzt werden durch: DIN ISO 17289	FM-BA
	Sauerstoffgehalt	alle Wässer	DIN ISO 17289 (12/2014)	optisches Verfahren	einfachere Handhabung	FBU	
	Sauerstoffgehalt	alle Wässer	DIN EN ISO 5814 (02/2013)	elektrochem. Verfahren	Membran muss vor der Messung kontrolliert werden		HBU
10	Temperatur	alle Wässer	DIN 38404-4 (12/1976)		obligatorischer Parameter gemäß FM-BA		FM-BA
11	Redoxspannung	alle Wässer	DIN 38404-6 (05/1984)	elektrochem. Verfahren; Durchflussmesszelle	obligatorischer Parameter gemäß FM-BA	FBU	FM-BA

II.5 Physikalische Parameter

Hinweise zur Ermittlung der Entzündlichkeit von Abfällen gemäß AVV finden sich im Anhang III A.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; Anwendung im Bodenbereich der AbfKlärV, BioAbfV		HBU FM-BA
3	Dichte	Untersuchung von Bodenproben	DIN 18125-2 (03/2011)		ersetzt DIN 18125-2		DepV HBU FMA
4	Rohdichte	Bodenuntersuchungsverfahren im Landwirtschaftlichen Wasserbau	DIN 19683-12 (04/1973)		Norm zurückgezogen		HBU BBodSchV
5	Entzündlichkeit im Kontakt mit Wasser	Abfall	Verfahren siehe Anhang III A.4		Feststellen des Gefährlichkeitskriteriums nach AVV	Forum-AU	
6	Trockenrohichte	Bodenuntersuchung	DIN ISO 11272 (01/1994) (01/2001) (06/2014) (07/2017)		Ersatz für DIN ISO 11272	FBU	BBodSchV FM-BA HBU
7	Partikelgrößenverteilung	Bodenuntersuchung	E-DIN ISO 11277 (06/1994)	Pipettanalyse oder Aräometermethode	wurde ersetzt durch DIN ISO 11277	sollte ersetzt werden durch: DIN ISO 11277	BBodSchV HBU

Tab.II.5.1 Physikalische Parameter Feststoffe

Lfd. Nr.	Parameter	Anwendungsbereich	Verfahren	Kurzbeschreibung	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
8	Partikelgrößenverteilung	Bodenuntersuchungsverfahren im Landwirtschaftlichen Wasserbau	DIN 19683-2 (04/1997)	Pipettanalyse	Norm zurückgezogen	sollte ersetzt werden durch: DIN ISO 11277	BBodSchV HBU
9	Partikelgrößenverteilung	Baugrund	DIN 18123 (11/1996)	Aräometermethode	zurückgezogen; veraltete Norm	sollte ersetzt werden durch: DIN ISO 11277	BBodSchV FM-BA HBU
10	Partikelgrößenverteilung	Bodenuntersuchung	DIN ISO 11277 (08/2002)	Pipettanalyse oder Aräometermethode		FBU	FM-BA HBU

II.6 Anorganische Analytik

II.6.1 Anorganische Analytik Feststoffe (einschließlich ölhaltiger Abfälle)

In der anorganischen Analytik werden mittlerweile im Wesentlichen Multielementverfahren wie die ICP-MS (inductively coupled plasma mass spectrometry, Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma) und die ICP-OES (inductively coupled plasma optical emission spectrometry, optische Emissionsspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma) eingesetzt.

Die ICP-MS 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 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 ölhaltiger 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 ISO 22036 (06/2009)	ICP-OES	0,1 mg/l	< 2 mg/kg	ICP-MS Verfahren favorisieren (DIN EN 16171)	FBU, Forum-AU	HBU FM-BA
	Antimon	Boden	Königswasserextrakt	DIN EN 16171 (01/2017)	ICP-MS				FBU, Forum-AU	HBU
	Antimon	Abfall	Königswasserextrakt	DIN EN ISO 17294-2 (02/2005) (01/2017)	ICP-MS	0,0002 mg/l	< 0,1 mg/kg	Es handelt sich um eine Wassernorm, das Messverfahren ist aber auch auf andere Matrices anwendbar.		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 (DIN EN 16171); Es handelt sich um eine Wassernorm, das Messverfahren ist aber auch auf andere Matrices anwendbar.		HBU
	Antimon	Abfall, Boden	Königswasserextrakt	DIN ISO 20280 (05/2010)	AAS-GR/-Hydrid			ICP-MS Verfahren favorisieren (DIN EN 16171)	sollte ersetzt werden durch: DIN EN 16171	HBU FM-BA
	Antimon	Bioabfall, Boden	Königswasserextrakt	DIN EN 16170 (01/2017)	ICP-OES			ICP-MS Verfahren favorisieren (DIN EN 16171)	FBU, Forum-AU	HBU
2	Arsen	Abfall	Königswasserextrakt	DIN EN ISO 17294-2 (02/2005) (01/2017)	ICP-MS	0,001 mg/l	< 0,1 mg/kg	Es handelt sich um eine Wassernorm, das Messverfahren ist aber auch auf andere Matrices anwendbar.		HBU FM-BA AbfKlärV FMA
	Arsen	Boden	Königswasserextrakt	DIN EN 16171 (01/2017)	ICP-MS				FBU, Forum-AU	HBU AbfKlärV FMA

Tab.II.6.1 Anorganische Analytik Feststoffe (einschließlich ölhaltiger 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 ISO 22036 (06/2009)	ICP-OES			für Arsen sowohl ICP-MS als auch ICP-OES möglich	FBU, Forum-AU	HBU FM-BA FMA
	Arsen	Abfall, Boden	Königswasserextrakt	DIN ISO 20280 (05/2010)	ET-AAS / Hydrid			ICP-MS Verfahren favorisieren (DIN EN 16171)		HBU FM-BA
	Arsen	Abfall	Königswasserextrakt	DIN EN ISO 11969 (11/1996)	AAS-Hydrid	0,001 mg/l	< 1 mg/kg	hohe Matrixabhängigkeit, für Abfälle nicht zu empfehlen	sollte ersetzt werden durch: DIN EN 16171	VersatzV BBodSchV AltholzV FMA LAGA M20
	Arsen	Boden, Bioabfall, Schlamm	Königswasserextrakt	E-DIN ISO 17378-2 (01/2017)	AAS-Hydrid			Normentwurf zurückgezogen; ICP-MS Verfahren favorisieren (DIN EN 16171)	sollte ersetzt werden durch: DIN EN 16171	
	Arsen	Wasser, Schlamm, Sediment, Abfall	Königswasserextrakt	DIN EN ISO 11885 (04/1998) (09/2009)	ICP-OES			Es handelt sich um eine Wassernorm, das Messverfahren ist aber auch auf andere Matrices anwendbar.		BBodSchV HBU AbfKlärV FMA LAGA M20
	Arsen	Boden, Schlamm	Königswasserextrakt	CEN/TS 16172 (07/2013)	AAS			Norm zurückgezogen	sollte ersetzt werden durch: DIN EN 16171	AbfKlärV FMA HBU
	Arsen	Bioabfall, Boden	Königswasserextrakt	DIN EN 16170 (01/2017)	ICP-OES			für Arsen sowohl ICP-MS als auch ICP-OES möglich	FBU, Forum-AU	AbfKlärV FMA HBU
	Arsen	Abfall	Königswasserextrakt	DIN ISO 11047 (06/1995) (05/2003)	ET-AAS / Flamme			ICP-MS Verfahren favorisieren (DIN EN 16171)	sollte ersetzt werden durch: DIN EN 16171	BBodSchV FMA LAGA M20

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

Lfd. Nr.	Parameter	Materialtyp	Probenaufarbeitung	Verfahren	Kurzbeschreibung	UAG der Norm	UAG im Feststoff	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
3	Barium	Abfall	Königswasserextrakt	DIN ISO 22036 (06/2009)	ICP-OES		< 2	ICP-MS Verfahren favorisieren (DIN EN 16171)	FBU, Forum-AU	
	Barium	Abfall	Königswasserextrakt	DIN EN ISO 17294-2 (02/2005) (01/2017)	ICP-MS	0,003 mg/l	< 1	Es handelt sich um eine Wassernorm, das Messverfahren ist aber auch auf andere Matrices anwendbar.		HBU
	Barium	Abfall	Königswasserextrakt	DIN EN ISO 11885 (09/2009)	ICP-OES	0,004 mg/l	< 1	Es handelt sich um eine Wassernorm, das Messverfahren ist aber auch auf andere Matrices anwendbar.		HBU
4	Blei	Abfall	Königswasserextrakt	DIN EN ISO 11885 (04/1998) (09/2009)	ICP-OES	0,2 mg/l	10	Aufschlussnormen für AltholzV veraltet; ICP-MS Verfahren favorisieren (DIN EN 16171); Es handelt sich um eine Wassernorm, das Messverfahren ist aber auch auf andere Matrices anwendbar.		VersatzV BBodSchV HBU BioAbfV FMA DepV LAGA M20 AltholzV AbfKlärV
	Blei	Abfall	Königswasserextrakt	DIN 38406-6 (07/1998) Teil 2	ET-AAS			Bestimmungsverfahren nicht mehr gebräuchlich	sollte ersetzt werden durch: DIN EN 16171	AltholzV BioAbfV FMA HBU
	Blei	Abfall	Königswasserextrakt	DIN EN ISO 17294-2 (02/2005) (01/2017)	ICP-MS			Es handelt sich um eine Wassernorm, das Messverfahren ist aber auch auf andere Matrices anwendbar.		BioAbfV FMA FM-BA DepV AbfKlärV HBU

Tab.II.6.1 Anorganische Analytik Feststoffe (einschließlich ölhaltiger 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 16171 (01/2017)	ICP-MS				FBU, Forum-AU	AbfKlärV FMA HBU
	Blei	Abfall	Königswasserextrakt	DIN ISO 11047 (06/1995) (05/1998) (05/2003)	ET-AAS / Flamme			ICP-MS Verfahren favorisieren (DIN EN 16171); Norm aus dem Bereich Bodenbeschaffenheit; Bestimmungsverfahren nicht mehr gebräuchlich	solte ersetzt werden durch: DIN EN 16171	BBodSchV VersatzV BioAbf AbfKlärV AltholzV FMA LAGA M20 FM-BA HBU
	Blei	Bioabfall, Boden	Königswasserextrakt	DIN EN 16170 (01/2017)	ICP-OES			ICP-MS Verfahren favorisieren (DIN EN 16171)	FBU, Forum-AU	AbfKlärV FMA HBU
	Blei	Boden, Schlamm	Königswasserextrakt	CEN/TS 16172 (07/2013)	AAS			Norm zurückgezogen	solte ersetzt werden durch: DIN EN 16171	AbfKlärV FMA HBU
	Blei	Abfall, Boden	Königswasserextrakt	DIN ISO 22036 (06/2009)	ICP-OES	< 0,01 mg/l	< 1	ICP-MS Verfahren favorisieren (DIN EN 16171)	FBU, Forum-AU	DepV HBU FM-BA AbfKlärV FMA

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

Lfd. Nr.	Parameter	Materialtyp	Probenaufarbeitung	Verfahren	Kurzbeschreibung	UAG der Norm	UAG im Feststoff	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
5	Cadmium	Abfall	Königswasserextrakt	DIN EN ISO 11885 (04/1998) (09/2009)	ICP-OES	0,01 mg/l	< 1 mg/kg	Aufschlussnormen für AltholzV veraltet; ICP-MS Verfahren favorisieren (DIN EN 16171); Es handelt sich um eine Wassernorm, das Messverfahren ist aber auch auf andere Matrices anwendbar.		VersatzV DepV BBodSchV HBU AltholzV BioAbfV FMA LAGA M20 AbfKlärV
	Cadmium	Wasser, Schlamm, Sediment, Boden, Abfall	Königswasserextrakt	DIN EN ISO 17294-2 (02/2005) (01/2017)	ICP-MS	0,0001 mg/l	< 0,1 mg/kg	Aufschlussnorm für BBodSchV ersatzlos zurückgezogen; Es handelt sich um eine Wassernorm, das Messverfahren ist aber auch auf andere Matrices anwendbar.		HBU BioAbfV DepV AbfKlärV FMA FM-BA
	Cadmium	Boden, Bioabfall, Kompost	Königswasserextrakt	DIN EN 16171 (01/2017)	ICP-MS				FBU, Forum-AU	AbfKlärV FMA HBU
	Cadmium	Abfall	Königswasserextrakt	DIN EN ISO 5961 (05/1995)	ET-AAS	0,3 µg/l	< 0,1 mg/kg	Aufschlussnorm veraltet; Bestimmungsverfahren nicht mehr gebräuchlich	sollte ersetzt werden durch: DIN EN 16171	HBU BioAbfV FMA AltholzV
	Cadmium	Abfall, Boden	Königswasserextrakt	DIN ISO 22036 (06/2009)	ICP-OES	< 0,01 mg/l	< 1	ICP-MS Verfahren favorisieren (DIN EN 16171)	FBU, Forum-AU	DepV HBU FM-BA FMA AbfKlärV

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

Lfd. Nr.	Parameter	Materialtyp	Probenaufarbeitung	Verfahren	Kurzbeschreibung	UAG der Norm	UAG im Feststoff	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
	Cadmium	Abfall	Königswasserextrakt	DIN ISO 11047 (06/1995) (05/2003)	ET-AAS / Flamme			Aufschlussnorm veraltet; Bestimmungsverfahren nicht mehr gebräuchlich; Norm aus dem Bereich Bodenbeschaffenheit; ICP-MS Verfahren favori- sieren (DIN EN 16171)	sollte ersetzt werden durch: DIN EN 16171	VersatzV BBodSchV HBU FM-BA AltholzV FMA LAGA M20 BioAbfV AbfKlärV
	Cadmium	Boden, Schlamm	Königswasserextrakt	CEN/TS 16172 (07/2013)	AAS			Norm zurückgezogen	sollte ersetzt werden durch: DIN EN 16171	AbfKlärV FMA HBU
	Cadmium	Bioabfall, Boden	Königswasserextrakt	DIN EN 16170 (01/2017)	ICP-OES			ICP-MS Verfahren favori- sieren (DIN EN 16171)	FBU, Forum-AU	AbfKlärV FMA HBU
6	Chrom	Wasser, Schlamm, Sediment, Abfall	Königswasserextrakt	DIN EN ISO 17294-2 (02/2005) (01/2017)	ICP-MS	0,005 mg/l	< 0,2 mg/kg	Es handelt sich um eine Wassernorm, das Mess- verfahren ist aber auch auf andere Matrices anwend- bar.		HBU DepV FM-BA FMA BioAbfV AbfKlärV
	Chrom	Wasser, Schlamm, Sediment, Abfall	Königswasserextrakt	DIN ISO 22036 (06/2009)	ICP-OES	0,005 mg/l	< 0,2 mg/kg	ICP-MS Verfahren favori- sieren (DIN EN 16171)	FBU, Forum-AU	HBU FM-BA DepV AbfKlärV FMA

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

Lfd. Nr.	Parameter	Materialtyp	Probenaufarbeitung	Verfahren	Kurzbeschreibung	UAG der Norm	UAG im Feststoff	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
	Chrom	Abfall	Königswasserextrakt	DIN EN ISO 11885 (04/1998) (09/2009)	ICP-OES	0,01 mg/l	3 mg/kg	Aufschlussnorm für Abf-KlärV und AltholzV veraltet; ICP-MS Verfahren favorisieren (DIN EN 16171); Es handelt sich um eine Wassernorm, das Messverfahren ist aber auch auf andere Matrices anwendbar.		VersatzV DepV AbfKlärV BBodSchV HBU AltholzV FMA LAGA M20 BioAbfV
	Chrom	Boden, Schlamm	Königswasserextrakt	CEN/TS 16172 (07/2013)	AAS			Norm zurückgezogen	sollte ersetzt werden durch: DIN EN 16171	FMA HBU
	Chrom	Boden	Königswasserextrakt	DIN EN 16171 (01/2017)	ICP-MS				FBU, Forum-AU	AbfKlärV FMA HBU
	Chrom	Abfall	Königswasserextrakt	DIN EN 1233 (08/1996)	ET-AAS	0,004 mg/l	< 1 mg/kg	Aufschlussnorm für Abf-KlärV und AltholzV veraltet; Bestimmungsverfahren nicht mehr gebräuchlich	sollte ersetzt werden durch: DIN EN 16171	BioAbfV FMA AltholzV HBU
	Chrom	Bioabfall, Boden	Königswasserextrakt	DIN EN 16170 (01/2017)	ICP-OES			ICP-MS Verfahren favorisieren (DIN EN 16171)	FBU, Forum-AU	AbfKlärV FMA HBU

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

Lfd. Nr.	Parameter	Materialtyp	Probenaufarbeitung	Verfahren	Kurzbeschreibung	UAG der Norm	UAG im Feststoff	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
	Chrom	Abfall	Königswasserextrakt	DIN ISO 11047 (06/1995) (05/2003)	ET-AAS / Flamme			Aufschlussnorm für Bio- AbfV und AltholzV veraltet; Bestimmungsverfahren nicht mehr gebräuchlich; ICP-MS Verfahren favori- sieren (DIN EN 16171)	solite ersetzt werden durch: DIN EN 16171	VersatzV BBodSchV HBU FM-BA BioAbfV AltholzV FMA LAGA M20 AbfKlärV
7	Chrom (VI)	Abfall, Boden	Mahlen < 250 µm; Heißextraktion mittels NaOH und Na ₂ CO ₃	DIN EN 15192 (02/2007)	Direkte Pho- tometrie oder Nach- säu- lenderivati- sierung mit 1,5 Diphe- nylcarbazid nach alkali- schem Auf- schluss und Ionenchro- mato- graphie		0,1 mg/kg		FBU, Forum-AU	HBU FM-BA FMA HBU

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

Lfd. Nr.	Parameter	Materialtyp	Probenaufarbeitung	Verfahren	Kurzbeschreibung	UAG der Norm	UAG im Feststoff	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
	Chrom (VI)	Düngemittel, Kalkdünger	Alkalischer Heißeextrakt oder Wasserextraktion	DIN EN 16318 (07/2016)	Verfahren A: Bestimmung von Chromat nach Wasserextraktion durch Photometrie und Verfahren B: Bestimmung von Chromat durch alkalischen Aufschluss und Ionenchromatographie und spektrometrischer Detektion		1 mg/kg [A] 0,1 mg/kg [B]	Methode B ist empfindlicher als Methode A; ausschließlich das Verfahren B gewährleistet eine selektive CrVI-Bestimmung; CrVI ist nur im alkalischen Milieu stabil (Reduktion zu CrIII); Verfahren A gewährleistet dies nicht bzw. sind weitere Matrixeffekte aufgrund der Photometrie zu erwarten, deshalb ist die Chrom-VI-Analytik aus alkalischem Heißeextrakt durchzuführen		AbfKlärV FMA HBU
	Chrom (VI)	Wasser	Alkalischer Heißeextrakt nach DIN EN 16318 oder DIN EN 15192	DIN EN ISO 17294-2 (01/2017)	ICP-MS			Norm beschreibt nur die ICP-MS Messtechnik; Anstelle der Nachsäulenderivatisierung mit 1,5 Diphenylcarbazid kann nach ionenchromatographischer Trennung gemäß DIN 10304-3 auch die CrVI-Bestimmung durch Kopplung mit ICP-MS-Detektion auf Basis der DIN EN ISO 17294-2 erfolgen		FMA

Tab.II.6.1 Anorganische Analytik Feststoffe (einschließlich ölhaltiger 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 Cr(VI)-Ergebnisse in Anwesenheit von Huminstoffen; Norm zurückgezogen; wurde ersetzt durch DIN EN 15192	sollte ersetzt werden durch: DIN EN 15192	HBU BBodSchV
8	Cyanid, gesamt	Abfall		LAGA-Richtlinie CN 2/79 (42/1983)			0,1 mg/kg	mangelnde Differenzierung zu Cyanid, leicht freisetzbar; Verfahren wurde zurückgezogen	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17380	LAGA M20
	Cyanid, gesamt	Boden		E-DIN ISO 11780 (11/2002)				falsch zitierte Norm	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17380	LAGA M20 ¹⁵
	Cyanid, gesamt und leicht freisetzbar	Boden		DIN EN ISO 17380 (05/2006) (10/2013)	Extraktion mit Natronlauge, kontinuierliche Fließanalyse				FBU, Forum-AU	FM-BA HBU
	Cyanid, gesamt	Boden		DIN ISO 11262 (06/1995) (04/2012)	Photometrie, Titrimetrie		0,5 mg/kg (Photom.) 10 mg/kg (Titrim.)			VersatzV HBU FM-BA
9	Eisen	Bioabfall, Boden	Königswasserextrakt	DIN EN 16170 (01/2017)	ICP-OES				FBU, Fourm-AU	AbfKlärV FMA HBU

¹⁵ 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 ölhaltiger Abfälle)

Lfd. Nr.	Parameter	Materialtyp	Probenaufarbeitung	Verfahren	Kurzbeschreibung	UAG der Norm	UAG im Feststoff	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
	Eisen	Boden	Königswasserextrakt	DIN EN ISO 17294-2 (02/2005) (01/2017)	ICP-MS			Es handelt sich um eine Wassernorm, das Messverfahren ist aber auch auf andere Matrices anwendbar.		AbfklärV FMA
	Eisen	Boden	Königswasserextrakt	DIN EN ISO 11885 (09/2009)	ICP-OES			Es handelt sich um eine Wassernorm, das Messverfahren ist aber auch auf andere Matrices anwendbar.		AbfklärV FMA
	Eisen	Boden	Königswasserextrakt	DIN ISO 11047 (05/2003)	ET-AAS/-Flamme				sollte ersetzt werden durch: DIN EN 16171	FMA
	Eisen	Boden, Schlamm	Königswasserextrakt	CEN/TS 16172 (07/2013)	AAS			Norm zurückgezogen	sollte ersetzt werden durch: DIN EN 16171	FMA HBU
	Eisen	Boden	Königswasserextrakt	DIN ISO 22036 (06/2009)	ICP-OES				FBU, Forum-AU	FMA
	Eisen	Boden	Königswasserextrakt	DIN EN 16171 (01/2017)	ICP-MS				FBU, Forum-AU	AbfklärV FMA HBU
10	Halogene (Cl, Br)	Flüssiger Abfall		In Anlehnung an DIN EN 14582 (12/2016) in Verbindung mit DIN 51408-1 (06/1983) oder DIN 38405-1 (12/1985) oder DIN EN ISO 10304-1 (04/1995)	Sauerstoffverbrennung in geschlossenen Systemen				Forum-AU	AltöIV

Tab.II.6.1 Anorganische Analytik Feststoffe (einschließlich ölhaltiger 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 51577-4 (02/1994)	Energiedispersive RFA	100 mg/kg		Vortest; Störungen durch Matrix	Forum-AU	AltölV
	Halogene (Cl, Br)	Altöl		DIN ISO 15597 (01/2006)	Wellenlängendispersive RFA					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) (12/2016)	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; auch zur Schwefel-Bestimmung geeignet	Forum-AU (Methode A)	HBU FMA
12	Halogene (F, Cl)	Altholz	AltholzV: Anhang IV, Nr. 1.4.2 (DIN 51727 (06/2004) (11/2011))	DIN EN ISO 10304-1 (04/1995) (07/2009)	Aufschluss in Sauerstoffatmosphäre; Methode A: Wickbold; Methode B: Druckaufschluss in der Bombe	100 mg/kg		schwerlösliche Salze werden nicht erfasst	sollte ersetzt werden durch: DIN EN 14852	AltholzV FMA
13	Kobalt	Abfall	Königswasserextrakt	DIN ISO 22036 (06/2009)	ICP-OES	0,01 mg/l	< 1 mg/kg	ICP-MS Verfahren favorisieren (DIN EN 16171)	FBU, Forum-AU	FM-BA HBU
	Kobalt	Abfall	Königswasserextrakt	DIN EN ISO 17294-2 (02/2005) (01/2017)	ICP-MS	0,0002 mg/l	< 0,1 mg/kg	Es handelt sich um eine Wassernorm, das Messverfahren ist aber auch auf andere Matrices anwendbar.		FM-BA HBU

Tab.II.6.1 Anorganische Analytik Feststoffe (einschließlich ölhaltiger 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 38406-24 Teil 1 (03/1993)	AAS-Flamme	0,2 mg/l	10 mg/kg	Bestimmungsverfahren nicht mehr gebräuchlich	sollte ersetzt werden durch: DIN EN 16170 oder DIN EN 16171	HBU
	Kobalt	Bioabfall, Boden	Königswasserextrakt	DIN EN 16170 (01/2017)	ICP-OES			ICP-MS Verfahren favorisieren (DIN EN 16171)	FBU, Forum-AU	HBU
	Kobalt	Boden	Königswasserextrakt	DIN EN 16171 (01/2017)	ICP-MS				FBU, Forum-AU	HBU
	Kobalt	Boden	Königswasserextrakt	DIN ISO 11047 (05/2003)	ET-AAS/Flamme			ICP-MS Verfahren favorisieren (DIN EN 16171)	sollte ersetzt werden durch: DIN EN 16171	FM-BA HBU
	Kobalt	Abfall	Königswasserextrakt	DIN 38406-24 Teil 2 (03/1993)	ET-AAS	0,005 mg/l	< 1 mg/kg	Bestimmungsverfahren nicht mehr gebräuchlich	sollte ersetzt werden durch: DIN EN 16170 oder DIN EN 16171	HBU
	Kobalt	Wasser, Schlamm, Sediment, Abfall	Königswasserextrakt	DIN EN ISO 11885 (09/2009)	ICP-OES	0,01 mg/l	< 1 mg/kg	ICP-MS Verfahren favorisieren (DIN EN 16171); Es handelt sich um eine Wassernorm, das Messverfahren ist aber auch auf andere Matrices anwendbar.		HBU
14	Kupfer	Abfall, Boden	Königswasserextrakt	DIN ISO 22036 (06/2009)	ICP-OES	0,02 mg/l	1 mg/kg	ICP-MS Verfahren favorisieren (DIN EN 16171)	FBU, Forum-AU	HBU FM-BA FMA DepV AbfKlärV

Tab.II.6.1 Anorganische Analytik Feststoffe (einschließlich ölhaltiger 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	Königswasserextrakt	DIN EN ISO 17294-2 (02/2005) (01/2017)	ICP-MS	0,002 mg/l	< 0,1 mg/kg	Es handelt sich um eine Wassernorm, das Messverfahren ist aber auch auf andere Matrices anwendbar.		HBU FM-BA FMA DepV AbfKlärV BioAbfV
	Kupfer	Boden, Schlamm	Königswasserextrakt	CEN/TS 16172 (07/2013)	AAS			Norm zurückgezogen	sollte ersetzt werden durch: DIN EN 16171	FMA HBU
	Kupfer	Wasser, Schlamm, Sediment, Abfall	Königswasserextrakt	DIN 38406-7 Teil 1 (09/1991)	AAS-Flamme	0,1 mg/l	3 mg/kg	ungebräuchliches Bestimmungsverfahren	sollte ersetzt werden durch: DIN EN 16170 oder DIN EN 16171	BioAbfV FMA AltholzV HBU
	Kupfer	Abfall	Königswasserextrakt	DIN 38406-7 Teil 2 (09/1991)	ET-AAS	0,002 mg/l	< 0,1 mg/kg	ungebräuchliches Bestimmungsverfahren	sollte ersetzt werden durch: DIN EN 16170 oder DIN EN 16171	BioAbfV FMA AltholzV HBU
	Kupfer	Bioabfall, Boden, Schlamm	Königswasserextrakt	DIN ISO 11047 (06/1995) (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); Aufschlussnormen für AltholzV veraltet	sollte ersetzt werden durch: DIN EN 16171	VersatzV BBodSchV HBU FM-BA FMA LAGA M20 BioAbfV AltholzV AbfKlärV
	Kupfer	Bioabfall, Boden	Königswasserextrakt	DIN EN 16170 (01/2017)	ICP-OES			ICP-MS Verfahren favorisieren (DIN EN 16171)	FBU, Forum-AU	AbfKlärV FMA HBU

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

Lfd. Nr.	Parameter	Materialtyp	Probenaufarbeitung	Verfahren	Kurzbeschreibung	UAG der Norm	UAG im Feststoff	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
	Kupfer	Boden	Königswasserextrakt	DIN EN 16171 (01/2017)	ICP-MS				FBU, Forum-AU	AbfKlärV FMA HBU
	Kupfer	Wasser, Schlamm, Sediment	Königswasserextrakt	DIN EN ISO 11885 (04/1998) (09/2009)	ICP-OES	0,01 mg/l	< 1 mg/kg	Aufschlussnormen der AltholzV veraltet; ICP-MS Verfahren favorisieren (DIN EN 16171); Es handelt sich um eine Wassernorm, das Messverfahren ist aber auch auf andere Matrices anwendbar.		VersatzV BBodSchV HBU DepV AltholzV BioAbfV FMA LAGA M20 AbfKlärV
15	Molybdän	Wasser	Königswasserextrakt	DIN EN ISO 17294-2 (02/2005) (01/2017)	ICP-MS	0,0003 mg/l	< 0,1 mg/kg	Es handelt sich um eine Wassernorm, das Messverfahren ist aber auch auf andere Matrices anwendbar.		HBU FM-BA
	Molybdän	Boden	Königswasserextrakt	DIN ISO 22036 (06/2009)	ICP-OES	< 0,01 mg/l	< 0,5 mg/kg	ICP-MS Verfahren favorisieren (DIN EN 16171)	FBU, Forum-AU	HBU FM-BA
	Molybdän	Wasser	Königswasserextrakt	DIN EN ISO 11885 (09/2009)	ICP-OES	0,03 mg/l	< 1 mg/kg	ICP-MS Verfahren favorisieren (DIN EN 16171); Es handelt sich um eine Wassernorm, das Messverfahren ist aber auch auf andere Matrices anwendbar.		HBU
	Molybdän	Bioabfall, Boden	Königswasserextrakt	DIN EN 16170 (01/2017)	ICP-OES			ICP-MS Verfahren favorisieren (DIN EN 16171)	FBU, Forum-AU	HBU
	Molybdän	Boden	Königswasserextrakt	DIN EN 16171 (01/2017)	ICP-MS				FBU, Forum-AU	HBU

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

Lfd. Nr.	Parameter	Materialtyp	Probenaufarbeitung	Verfahren	Kurzbeschreibung	UAG der Norm	UAG im Feststoff	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
16	Nickel	Boden	Königswasserextrakt	DIN ISO 22036 (06/2009)	ICP-OES	0,01 mg/l	< 0,5 mg/kg	ICP-MS Verfahren favorisieren (DIN EN 16171)	FBU, Forum-AU	HBU DepV AbfKlärV FMA FM-BA
	Nickel	Wasser, Schlamm, Sediment	Königswasserextrakt	DIN EN ISO 17294-2 (02/2005) (01/2017)	ICP-MS	0,002 mg/l	< 0,1 mg/kg	Es handelt sich um eine Wassernorm, das Messverfahren ist aber auch auf andere Matrices anwendbar.		HBU BioAbfV FMA DepV AbfKlärV FM-BA
	Nickel	Wasser	Königswasserextrakt	DIN EN ISO 11885 (04/1998) (09/2009)	ICP-OES	0,02 mg/l	< 1 mg/kg	Aufschlussnormen für AbfKlärV und AltholzV veraltet; ICP-MS Verfahren favorisieren (DIN EN 16171); Es handelt sich um eine Wassernorm, das Messverfahren ist aber auch auf andere Matrices anwendbar.		VersatzV BBodSchV HBU DepV BioAbfV FMA LAGA M20 AbfKlärV
	Nickel	Boden, Schlamm	Königswasserextrakt	CEN/TS 16172 (07/2013)	AAS			Norm zurückgezogen	sollte ersetzt werden durch: DIN EN 16171	FMA HBU
	Nickel	Boden, Bioabfall, Kompost	Königswasserextrakt	DIN EN 16171 (01/2017)	ICP-MS				FBU, Forum-AU	AbfKlärV FMA HBU
	Nickel	Bioabfall, Boden	Königswasserextrakt	DIN EN 16170 (01/2017)	ICP-OES			ICP-MS Verfahren favorisieren (DIN EN 16171)	FBU, Forum-AU	AbfKlärV FMA HBU

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

Lfd. Nr.	Parameter	Materialtyp	Probenaufarbeitung	Verfahren	Kurzbeschreibung	UAG der Norm	UAG im Feststoff	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
	Nickel	Wasser, Abwasser, Schlamm	Königswasserextrakt	DIN 38406-11 Teil 2 (09/1991)	ET-AAS	0,005 mg/l	< 1 mg/kg		sollte ersetzt werden durch: DIN EN 16170 oder DIN EN 16171	BioAbfV FMA HBU
	Nickel	Abfall	Königswasserextrakt	DIN ISO 11047 (06/1995) (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 16171	VersatzV BBodSchV HBU BioAbfV FMA LAGA M20 AbfKlärV FM-BA
17	Phosphor	Wasser		DIN EN ISO 6878 (09/2004)	Photometrie				sollte ersetzt werden durch: DIN EN 16170	AbfKlärV FMA HBU
	Phosphor	Wasser		DIN EN ISO 11885 (09/2009)	ICP-OES			Es handelt sich um eine Wassernorm, das Messverfahren ist aber auch auf andere Matrices anwendbar.		FMA HBU AbfKlärV
	Phosphor	Bioabfall, Boden	Königswasserextrakt	DIN EN 16170 (01/2017)	ICP-OES				FBU, Forum-AU	FMA HBU
	Phosphor	Boden, Bioabfall, Kompost	Königswasserextrakt	DIN EN 16171 (01/2017)	ICP-MS			ICP-OES Verfahren favorisieren (DIN EN 16170)	sollte ersetzt werden durch: DIN EN 16170	AbfKlärV FMA HBU
	Phosphor	Wasser	Königswasserextrakt	DIN EN ISO 17294-2 (02/2005) (01/2017)	ICP-MS			ICP-OES Verfahren favorisieren (DIN EN 16170)	sollte ersetzt werden durch: DIN EN 16170	HBU AbfKlärV FMA

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

Lfd. Nr.	Parameter	Materialtyp	Probenaufarbeitung	Verfahren	Kurzbeschreibung	UAG der Norm	UAG im Feststoff	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
18	Quecksilber	Abfall, Boden	Königswasserextrakt	DIN EN ISO 12846 (08/2012)	Kaltdampf-AAS			Ersatz für DIN EN 1483		DepV HBU AbfklärV FMA
	Quecksilber	Abfall	Königswasserextrakt	DIN EN 1483 Absch.3 (08/1997) (07/2007)	Kaltdampf-AAS	0,0001 mg/l	< 0,1 mg/kg	Aufschlussnorm veraltet; Bestimmungsverfahren ersetzt durch DIN EN ISO 12846; Norm wurde zurückgezogen	sollte ersetzt werden durch: DIN EN 16175	VersatzV BBodSchV FM-BA HBU AltholzV BioAbfV FMA LAGA M20
	Quecksilber	Boden		DIN EN ISO 15586 (02/2004)	Kaltdampf-AAS				sollte ersetzt werden durch: DIN EN 16175	
	Quecksilber	Abfall	Königswasserextrakt	DIN EN ISO 17852 (04/2008)	Atomfluoreszenzverfahren (AFS)			Ersatz für DIN EN ISO 13506; Abfall: Verdünnungen erforderlich; Es handelt sich um eine Wassernorm, das Messverfahren ist aber auch auf andere Matrices anwendbar.		DepV HBU AbfklärV FMA
	Quecksilber	Abfall	Königswasserextrakt	DIN EN 12338 (10/1998)	AAS-Verfahren	0,00001 mg/l	< 0,01 mg/kg	zurückgezogen und ersetzt durch DIN EN ISO 12846	sollte ersetzt werden durch: DIN EN 16175	VersatzV AltholzV BioAbfV FMA
	Quecksilber	Abfall	Königswasserextrakt	DIN EN ISO 17294-2 (02/2005) (01/2017)	ICP-MS			Verschleppung im Probeneintragssystem möglich; unzureichende UAG	sollte ersetzt werden durch: DIN EN 16175	

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

Lfd. Nr.	Parameter	Materialtyp	Probenaufarbeitung	Verfahren	Kurzbeschreibung	UAG der Norm	UAG im Feststoff	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
	Quecksilber	Bioabfall, Boden, Schlamm	Königswasserextrakt	DIN EN 16175-1 (12/2016)	Kaltdampf-AAS			auch anwendbar mit der Aufschlussnorm DIN EN ISO 54321	FBU, Forum-AU	HBU AbfKlärV FMA
	Quecksilber	Bioabfall, Boden, Schlamm	Königswasserextrakt	DIN EN 16175-2 (12/2016)	Kaltdampf-AFS			auch anwendbar mit der Aufschlussnorm DIN EN ISO 54321	FBU, Forum-AU	HBU AbfKlärV FMA
	Quecksilber	Bioabfall, Boden, Schlamm	Königswasserextrakt	DIN EN 16171 (01/2017)	ICP-MS				sollte ersetzt werden durch: DIN EN 16175	AbfKlärV FMA
	Quecksilber	Boden	Königswasserextrakt	DIN ISO 16772 (06/2005)	Kaltdampf-Amalgamverfahren mit AFS			äußerst nachweisstarkes Verfahren für extremste Spurenanalytik; Spezialverfahren, das für bestimmte Fragestellungen herangezogen werden kann		FM-BA HBU AbfKlärV FMA
19	Schwefel	Abfall	Aufschluss in Sauerstoffatmosphäre; Methode A: Druckaufschluss in der Bombe; Methode B: Schöninger-Aufschluss	DIN EN 14582 (12/2016)	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 organischen Verbindungen geeignet	Forum-AU (Methode A)	
20	Selen	Abfall	Königswasserextrakt	DIN EN ISO 17294-2 (02/2005) (01/2017)	ICP-MS	0,010 mg/l	< 1 mg/kg	Es handelt sich um eine Wassernorm, das Messverfahren ist aber auch auf andere Matrices anwendbar.		HBU FM-BA
	Selen	Boden, Bioabfall, Kompost	Königswasserextrakt	DIN EN 16171 (01/2017)	ICP-MS				FBU, Forum-AU	HBU

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

Lfd. Nr.	Parameter	Materialtyp	Probenaufarbeitung	Verfahren	Kurzbeschreibung	UAG der Norm	UAG im Feststoff	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
	Selen	Boden	Königswasserextrakt	DIN EN ISO 11885 (09/2009)	ICP-OES			ICP-MS Verfahren favorisieren (DIN EN 16171); Es handelt sich um eine Wassernorm, das Messverfahren ist aber auch auf andere Matrices anwendbar.		HBU
	Selen	Wasser	Königswasserextrakt	DIN EN ISO 15586 (02/2004)	ET-AAS	0,015 mg/l	< 1mg/kg		solte ersetzt werden durch: DIN EN 16171	
	Selen	Bioabfall, Boden	Königswasserextrakt	DIN EN 16170 (01/2017)	ICP-OES			ICP-MS Verfahren favorisieren (DIN EN 16171)	FBU, Forum-AU	HBU
	Selen	Abfall, Boden	Königswasserextrakt	DIN ISO 20280 (05/2010)	ET-AAS / Hydrid				solte ersetzt werden durch: DIN EN 16171	FBU FM-BA HBU
	Selen	Boden	Königswasserextrakt	DIN ISO 22036 (06/2009)	ICP-OES			ICP-MS Verfahren favorisieren (DIN EN 16171)	FBU, Forum-AU	FM-BA HBU
	Selen	Wasser, Abwasser, Schlamm	Königswasserextrakt	DIN 38405-23 Teil 2 (10/1994)	AAS-Hydrid			nicht mehr gebräuchlich	solte ersetzt werden durch: DIN EN 16171	BBodSchV HBU
21	Thallium	Abfall	Königswasserextrakt	DIN ISO 11047 (06/1995) (05/2003)	ET-AAS / Flamme			mögliche Minderbefunde durch Königswasseraufschluss	solte ersetzt werden durch: DIN EN 16171	BBodSchV FMA
	Thallium	Boden, Bioabfall, Kompost	Königswasserextrakt	DIN EN 16171 (01/2017)	ICP-MS			mögliche Minderbefunde durch Königswasseraufschluss	FBU, Forum-AU	AbfKlärV FMA HBU

Tab.II.6.1 Anorganische Analytik Feststoffe (einschließlich ölhaltiger 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 38406-26 (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 16171	AbfKlärV FMA HBU
	Thallium	Abfall		DIN 38406-29 (05/1999)	ICP-MS			Norm zurückgezogen	sollte ersetzt werden durch: DIN EN 16171	LAGA M20
	Thallium	Bioabfall, Boden, Schlamm	Königswasserextrakt	DIN EN 16170 (01/2017)	ICP-OES			ICP-OES für Thallium nicht empfohlen	sollte ersetzt werden durch: DIN EN 16171	AbfKlärV FMA HBU
	Thallium	Boden, Schlamm	Königswasserextrakt	CEN/TS 16172 (07/2013)	AAS			Norm zurückgezogen	sollte ersetzt werden durch: DIN EN 16171	AbfKlärV FMA HBU
	Thallium	Abfall	Salpetersäuredruckaufschluss/ Königswasserextrakt	DIN EN ISO 17294-2 (02/2005) (01/2017)	ICP-MS	0,0002 mg/l	< 0,1 mg/kg	für Thallium-Analytik ist Salpetersäureaufschluss erforderlich; Es handelt sich um eine Wassernorm, das Messverfahren ist aber auch auf andere Matrices anwendbar.		HBU FM-BA AbfKlärV FMA
	Thallium	Wasser, Schlamm, Sediment	Salpetersäuredruckaufschluss	DIN EN ISO 11885 (04/1984) (09/2009)	ICP-OES	0,03 mg/l	< 1 mg/kg	ICP-OES für Thallium nicht empfohlen	sollte ersetzt werden durch: DIN EN 16171	BBodSchV HBU AbfKlärV LAGA M20 FMA
	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	sollte ersetzt werden durch: DIN EN 16171	HBU FM-BA

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

Lfd. Nr.	Parameter	Materialtyp	Probenaufarbeitung	Verfahren	Kurzbeschreibung	UAG der Norm	UAG im Feststoff	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
	Thallium	Boden		DIN ISO 22036 (06/2009)	ICP-OES			ICP-OES für Thallium nicht empfohlen	sollte ersetzt werden durch: DIN EN 16171	FM-BA FMA
22	Uran	Abfall	Königswasserextrakt	DIN EN ISO 17294-2 (01/2017)	ICP-MS			Es handelt sich um eine Wassernorm, das Messverfahren ist aber auch auf andere Matrices anwendbar.		HBU FM-BA
	Uran	Abfall	Königswasserextrakt	DIN EN 16171 (01/2017)	ICP-MS				FBU, Forum-AU	
	Uran	Abfall	Königswasserextrakt	DIN ISO 22036 (06/2009)	ICP-OES			ICP-MS Verfahren favorisieren (DIN EN 16171)	FBU, Forum-AU	FM-BA
23	Vanadium	Abfall	Königswasserextrakt	DIN ISO 22036 (06/2009)	ICP-OES	0,005 mg/l	< 0,5 mg/kg	ICP-MS Verfahren favorisieren (DIN EN 16171)	FBU, Forum-AU	HBU FM-BA
	Vanadium	Abfall	Königswasserextrakt	DIN EN ISO 17294-2 (02/2005) (01/2017)	ICP-MS	0,001 mg/l	< 0,1 mg/kg	Es handelt sich um eine Wassernorm, das Messverfahren ist aber auch auf andere Matrices anwendbar.		HBU FM-BA
	Vanadium	Boden, Bioabfall, Kompost	Königswasserextrakt	DIN EN 16171 (01/2017)	ICP-MS				FBU, Forum-AU	HBU
	Vanadium	Bioabfall, Boden, Schlamm	Königswasserextrakt	DIN EN 16170 (01/2017)	ICP-OES			ICP-MS Verfahren favorisieren (DIN EN 16171)	FBU, Forum-AU	HBU

Tab.II.6.1 Anorganische Analytik Feststoffe (einschließlich ölhaltiger 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 ISO 11885 (09/2009)	ICP-OES	0,01 mg/l	< 1 mg/kg	ICP-MS Verfahren favorisieren (DIN EN 16171); Es handelt sich um eine Wassernorm, das Messverfahren ist aber auch auf andere Matrices anwendbar.		HBU
24	Wolfram	Boden	Königswasserextrakt	DIN ISO 22036 (06/2009)	ICP-OES			ICP-MS Verfahren favorisieren (DIN EN 16171)	FBU, Forum-AU	FM-BA HBU
	Wolfram	Wasser, Schlamm, Sediment	Königswasserextrakt	DIN EN ISO 17294-2 (01/2017)	ICP-MS			Es handelt sich um eine Wassernorm, das Messverfahren ist aber auch auf andere Matrices anwendbar.		FM-BA HBU
25	Zink	Boden, Schlamm	Königswasserextrakt	CEN/TS 16172 (07/2013)	AAS			Norm zurückgezogen	sollte ersetzt werden durch: DIN EN 16171	FMA HBU
	Zink	Abfall, Wasser, Schlamm, Sediment	Königswasserextrakt	DIN EN ISO 11885 (04/1998) (09/2009)	ICP-OES	0,01 mg/l	< 1 mg/kg	ersatzlos zurückgezogene Aufschlussnorm (DIN ISO 11466); ICP-MS Verfahren favorisieren (DIN EN 16171); Es handelt sich um eine Wassernorm, das Messverfahren ist aber auch auf andere Matrices anwendbar.		VersatzV DepV BioAbfV BBodSchV HBU FMA LAGA M20 AbfKlärV
	Zink	Bioabfall	Königswasserextrakt	DIN 38406-8 (10/2004)	AAS-Flamme	0,01 mg/l	< 1 mg/kg	Bestimmungsverfahren nicht mehr gebräuchlich	sollte ersetzt werden durch: DIN EN 16170 oder 16171	BioAbfV FMA HBU

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

Lfd. Nr.	Parameter	Materialtyp	Probenaufarbeitung	Verfahren	Kurzbeschreibung	UAG der Norm	UAG im Feststoff	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
	Zink	Abfall	Königswasserextrakt	DIN ISO 22036 (06/2009)	ICP-OES	0,005 mg/l	0,5 mg/kg	ICP-MS Verfahren favorisieren (DIN EN 16171)	FBU, Forum-AU	HBU FM-BA DepV AbfKlärV FMA
	Zink	Bioabfall, Boden, Schlamm	Königswasserextrakt	DIN EN 16170 (01/2017)	ICP-OES			ICP-MS Verfahren favorisieren (DIN EN 16171)	FBU, Forum-AU	AbfKlärV FMA HBU
	Zink	Boden, Bioabfall, Kompost	Königswasserextrakt	DIN EN 16171 (01/2017)	ICP-MS				FBU, Forum-AU	AbfKlärV FMA HBU
	Zink	Abfall	Königswasserextrakt	DIN EN ISO 17294-2 (02/2005) (01/2017)	ICP-MS	0,003 mg/l	< 0,1 mg/kg	Es handelt sich um eine Wassernorm, das Messverfahren ist aber auch auf andere Matrices anwendbar.		HBU BioAbfV FMA DepV FM-BA AbfKlärV
	Zink	Boden	Königswasserextrakt	DIN ISO 11047 (06/1995) (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 16171	VersatzV BBodSchV HBU FM-BA LAGA M20 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	Ammoniumstickstoff	DIN EN ISO 11732 (05/2005)	Fließinjektionsanalyse (FIA bzw. CFA)	0,02	Verfahren mit Gasdiffusion favorisieren	Forum-AU	HBU
	Ammoniumstickstoff	DIN ISO 15923-1 (07/2014)	Einzelanalysensystem mit photometrischer bzw. Trübungsmessung		Ammonium, Nitrat, Nitrit, Chlorid, Orthophosphat, Silikat und Sulfat durch photometrische Detektion und einem Trübungsmessverfahren zur Bestimmung von Sulfat	FBU, Forum-AU	
	Ammoniumstickstoff	DIN 38406-5 Teil 1 (10/1983)	Photometrie	0,03	Störung bei gefärbten Eluaten		LAGA M20 HBU
2	Antimon	DIN EN ISO 17294-2 (02/2000) (01/2017)	ICP-MS	0,0002		FBU, Forum-AU	HBU FM-BA DepV FMA
	Antimon	DIN 38405-32 Teil 2 (05/2000)	AAS-Hydrid	0,001	hohe Matrixabhängigkeit	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2 oder DIN EN ISO 11885	DepV FMA
	Antimon	DIN EN ISO 11969 (11/1996)	AAS-Hydrid			sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2 oder DIN EN ISO 11885	BBodSchV

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 38405-32 Teil 1 (05/2005)	ET-AAS	0,01	für niedrige Konzentrationen nicht anwendbar	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2 oder DIN EN ISO 11885	DepV FMA
	Antimon	DIN EN ISO 15586 (02/2004)	ET-AAS	0,01		sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2 oder DIN EN ISO 11885	DepV FMA HBU
	Antimon	DIN ISO 22036 (06/2009)	ICP-OES			sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 11885	FM-BA FMA HBU DepV
	Antimon	DIN EN ISO 11885 (04/1998) (09/2009)	ICP-OES	0,1	für niedrige Konzentrationen nicht anwendbar	FBU, Forum-AU	BBodSchV HBU FM-BA FMA DepV LAGA M20
	Antimon	DIN ISO 20280 (05/2010)	ET-AAS / Hydrid			sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2 oder DIN EN ISO 11885	FM-BA HBU
3	Arsen	DIN ISO 22036 (06/2009)	ICP-OES			sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 11885	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:)
	Arsen	DIN EN ISO 17294-2 (02/2005) (01/2017)	ICP-MS	0,001		FBU, Forum-AU	HBU FM-BA DepV FMA
	Arsen	DIN EN ISO 11885 (04/1998) (09/2009)	ICP-OES	0,1	für niedrige Konzentrationen nicht anwendbar	FBU, Forum-AU	BBodSchV FM-BA FMA HBU DepV LAGA M20
	Arsen	DIN EN ISO 11969 (11/1996)	AAS-Hydridverfahren, Auf- schluss mit H ₂ SO ₄ /H ₂ O ₂	0,001	hohe Matrixabhängigkeit	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2 oder DIN EN ISO 11885	VersatzV BBodSchV HBU FMA LAGA M20
	Arsen	DIN ISO 20280 (05/2010)	ET-AAS / Hydrid				FM-BA HBU
	Arsen	DIN EN ISO 15586 (02/2004)	ET-AAS			sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2 oder DIN EN ISO 11885	FMA HBU
4	Barium	DIN EN ISO 17294-2 (02/2005) (01/2017)	ICP-MS	0,0005		FBU, Forum-AU	FMA HBU DepV
	Barium	DIN ISO 22036 (06/2009)	ICP-OES			sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 11885	HBU DepV FMA
	Barium	DIN EN ISO 11885 (09/2009)	ICP-OES	0,01		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:)
5	Blei	DIN ISO 22036 (06/2009)	ICP-OES			sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 11885	HBU FM-BA DepV FMA
	Blei	DIN EN ISO 17294-2 (02/2005) (01/2017)	ICP-MS	0,0002		FBU, Forum-AU	FM-BA DepV FMA
	Blei	DIN EN ISO 15586 (02/2004)	ET-AAS		Bestimmungsverfahren nicht mehr gebräuchlich	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2 oder DIN EN ISO 11885	HBU FM-BA FMA
	Blei	DIN 38406-6 Teil 2 (07/1998)	ET-AAS	0,005	Bestimmungsverfahren nicht mehr gebräuchlich	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2 oder DIN EN ISO 11885	VersatzV BBodSchV HBU LAGA M20
	Blei	DIN EN ISO 11885 (04/1998) (09/2009)	ICP-OES	0,2	für niedrige Konzentrationen nicht anwendbar	FBU, Forum-AU	VersatzV BBodSchV HBU DepV LAGA M20 FMA FM-BA
	Blei	DIN ISO 11047 (06/1995) (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 oder DIN EN ISO 11885	VersatzV

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:)
6	Bor	DIN ISO 22036 (06/2009)	ICP-OES			sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 11885	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		FBU, Forum-AU	HBU
7	Cadmium	DIN ISO 22036 (06/2009)	ICP-OES			sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 11885	HBU FM-BA FMA DepV
	Cadmium	DIN EN ISO 17294-2 (02/2005) (01/2017)	ICP-MS	0,0005		FBU, Forum-AU	FM-BA FMA HBU DepV
	Cadmium	analog DIN EN ISO 5961 Teil 2 (05/1995)	AAS-Flamme	0,05	für niedrige Konzentrationen nicht anwendbar	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2 oder DIN EN ISO 11885	VersatzV BBodSchV HBU
	Cadmium	analog DIN EN ISO 5961 Teil 3 (05/1995)	ET-AAS	0,0003		sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2 oder DIN EN ISO 11885	VersatzV BBodSchV HBU 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:)
	Cadmium	DIN EN ISO 11885 (04/1998) (09/2009)	ICP-OES	0,01	für niedrige Konzentrationen nicht anwendbar	FBU, Forum-AU	VersatzV BBodSchV HBU FM-BA DepV FMA LAGA M20
	Cadmium	DIN EN ISO 15586 (02/2004)	ET-AAS			sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2 oder DIN EN ISO 11885	HBU FM-BA FMA
	Cadmium	DIN ISO 11047 (06/1995) (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 oder DIN EN ISO 11885	VersatzV
8	Chlorid	DIN EN ISO 10304-1 (07/2009)	Ionenchromatographie	0,1		Forum-AU	DepV FMA HBU FM-BA
	Chlorid	DIN ISO 15923-1 (07/2014)	Einzelanalysensystem mit photometrischer Detektion bzw. Trübungsmessung		Ammonium, Nitrat, Nitrit, Chlorid, Orthophosphat, Silikat und Sulfat durch photometrische Detektion und einem Trübungsmessverfahren zur Bestimmung von Sulfat	FBU, Forum-AU	
	Chlorid	DIN 38405-1 Teil 1 (12/1985)	Maßanalyse	5	ungebräuchlich	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 10304-1	FMA 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:)
	Chlorid	DIN 38405-1 Teil 3 (12/1985)	coulometrische Titration	10	für Abfalleluat/-perkolate ungeeignet und ungebräuchlich	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 10304-1	LAGA M20 FM-BA
	Chlorid	DIN EN ISO 10304-2 (11/1996)	Ionenchromatographie	0,1	zurückgezogene Norm; ersetzt durch DIN EN ISO 10304-1	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 10304-1	LAGA M20
	Chlorid	DIN 38405-1 Teil 2 (12/1985)	potentiometrische Titration	7	ungebräuchlich	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 10304-1	FM-BA
	Chlorid	DIN EN ISO 15682 (01/2002)	Fließanalyse (FIA, CFA)	1		sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 10304-1	DepV FMA
9	Chrom	DIN ISO 22036 (06/2009)	ICP-OES			sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 11885	HBU FM-BA DepV FMA
	Chrom	DIN EN ISO 17294-2 (02/2005) (01/2017)	ICP-MS	0,001		FBU, Forum-AU	HBU FM-BA FMA DepV
	Chrom	DIN EN 1233 Teil 3 (08/1996)	AAS-Flamme	0,5	für niedrige Konzentrationen nicht anwendbar	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2 oder DIN EN ISO 11885	BBodSchV HBU
	Chrom	DIN EN ISO 15586 (02/2004)	ET-AAS			sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2 oder DIN EN ISO 11885	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:)
	Chrom	DIN ISO 11047 (06/1995) (05/2003)	ET-AAS / Flamme		Norm beschreibt Messverfahren für Königswasserextrakte und nicht für Eluate	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2 oder DIN EN ISO 11885	VersatzV
	Chrom	DIN EN 1233 Teil 4 (08/1996)	ET-AAS	0,004		sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2 oder DIN EN ISO 11885	VersatzV BBodSchV LAGA M20 HBU
	Chrom	DIN EN ISO 11885 (04/1998) (09/2009)	ICP-OES	0,01		FBU, Forum-AU	VersatzV BBodSchV HBU LAGA M20 FMA DepV FM-BA
10	Chrom (VI)	DIN EN ISO 10304-3 (11/1997)	Ionenchromatographie	0,05 mg/l Chromat	durch Elutionen/ Perkolationen sind Minderbefunde möglich		VersatzV BBodSchV FM-BA HBU FMA
	Chrom (VI) ¹⁶	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	FMA

¹⁶ 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:)
	Chrom (VI)	DIN 38405-24 (05/1987)	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 (02/1984) (04/2011)	Photometrie	0,01	bei Unplausibilitäten kann das Ergebnis aus DIN EN ISO 14403-2 mit dieser Norm überprüft werden; Cyanide, leicht freisetzbar in Teil 2 der Norm		VersatzV BBodSchV HBU DepV FMA FM-BA
	Cyanid, gesamt und leicht freisetzbar	DIN EN ISO 17380 (10/2013)			Extraktion mit Natronlauge; kontinuierliche Fließanalyse		FM-BA FMA DepV HBU
	Cyanid, leicht freisetzbar	DIN 38405-14 (12/1988)	Photometrie		Norm zurückgezogen; wurde ersetzt durch DIN 38405-13		VersatzV
	Cyanid, gesamt	E-DIN ISO 11262 (06/1995)			Norm wurde zurückgezogen		VersatzV BBodSchV
	Cyanid, gesamt	E-DIN EN ISO 14403 (05/1998)	CFA/FIA		wurde ersetzt durch DIN EN ISO 14403	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 14403-1 und 14403-2	VersatzV BBodSchV HBU
	Cyanid, gesamt und leicht freisetzbar	DIN EN ISO 14403 (07/2002)			Norm wurde zurückgezogen	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 14403-1 und 14403-2	FM-BA LAGA M20 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:)
	Cyanid, gesamt und leicht freisetzbar	DIN EN ISO 14403-2 (10/2012)	CFA	0,01	bei Unplausibilitäten kann das Ergebnis mit der DIN 38405-13 überprüft werden; Unterscheidung zwischen freiem und leicht freisetzbarem Cyanid nicht möglich; beinhaltet die Vorgehensweise der „alten“ DIN EN ISO 14403	Forum-AU	DepV HBU
	Cyanid, gesamt und leicht freisetzbar	DIN EN ISO 14403-1 (10/2012)	FIA	0,01	bei Unplausibilitäten kann das Ergebnis mit der DIN 38405-13 überprüft werden	Forum-AU	HBU DepV FMA LAGA M20
12	Fluorid	DIN EN ISO 10304-1 (04/1995) (07/2009)	Ionenchromatographie	0,1	Störung durch organische Säuren	Forum-AU	BBodSchV HBU LAGA M20 DepV FMA FM-BA
	Fluorid	DIN 38405-4 (07/1985) Teil 1	Direkte Bestimmung mit ionenselektiver Elektrode	0,2	<u>keine</u> Störung durch organische Säuren	FBU, Forum-AU	BBodSchV HBU DepV FM-BA FMA LAGA M20
13	Kobalt	DIN EN ISO 17294-2 (02/2005) (01/2017)	ICP-MS	0,0002		FBU, Forum-AU	HBU FM-BA
	Kobalt	DIN ISO 22036 (06/2009)	ICP-OES	0,01		sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 11885	FM-BA 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:)
	Kobalt	DIN 38406-24 Teil 1 (03/1993)	AAS-Flamme	0,2	Bestimmungsverfahren nicht mehr gebräuchlich	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2 oder DIN EN ISO 11885	BBodSchV HBU
	Kobalt	DIN EN ISO 15586 (02/2004)	ET-AAS		Bestimmungsverfahren nicht mehr gebräuchlich	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2 oder DIN EN ISO 11885	HBU FM-BA
	Kobalt	DIN 38406-24 Teil 2 (03/1993)	ET-AAS	0,005	Bestimmungsverfahren nicht mehr gebräuchlich	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2 oder DIN EN ISO 11885	BBodSchV HBU
	Kobalt	DIN EN ISO 11885 (04/1998) (09/2009)	ICP-OES	0,01		FBU, Forum-AU	BBodSchV HBU FM-BA LAGA M20
14	Kupfer	DIN ISO 22036 (06/2009)	ICP-OES			sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 11885	HBU FM-BA FMA DepV
	Kupfer	DIN EN ISO 17294-2 (02/2005) (01/2017)	ICP-MS	0,001		FBU, Forum-AU	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:)
	Kupfer	DIN 38406-7 Teil 1 (09/1991)	AAS-Flamme	0,1	Bestimmungsverfahren nicht mehr gebräuchlich	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2 oder DIN EN ISO 11885	VersatzV BBodSchV HBU
	Kupfer	DIN 38406-7 Teil 2 (09/1991)	ET-AAS	0,002	Bestimmungsverfahren nicht mehr gebräuchlich	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2 oder DIN EN ISO 11885	VersatzV BBodSchV HBU LAGA M20
	Kupfer	DIN ISO 11047 (06/1995) (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 oder DIN EN ISO 11885	VersatzV
	Kupfer	DIN EN ISO 11885 (04/1998) (09/2009)	ICP-OES	0,01		FBU, Forum-AU	VersatzV BBodSchV HBU FM-BA DepV FMA LAGA M20
	Kupfer	DIN EN ISO 15586 (02/2004)	ET-AAS		Bestimmungsverfahren nicht mehr gebräuchlich	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2 oder DIN EN ISO 11885	HBU FM-BA FMA
15	Mangan	DIN EN ISO 17294-2 (02/2005) (01/2017)	ICP-MS	0,003		FBU, 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 11885 (09/2009)	ICP-OES	0,02		FBU, Forum-AU	HBU
16	Molybdän	DIN ISO 22036 (06/2009)	ICP-OES			sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 11885	HBU FM-BA DepV FMA
	Molybdän	DIN EN ISO 17294-2 (02/2005) (01/2017)	ICP-MS	0,0003		FBU, Forum-AU	DepV FMA FM-BA
	Molybdän	DIN EN ISO 11885 (04/1998) (09/2009)	ICP-OES	0,03		FBU, Forum-AU	BBodSchV HBU FM-BA DepV FMA LAGA M20
	Molybdän	DIN EN ISO 15586 (02/2004)	ET-AAS		ungebräuchliches durch Memory-Effekte gekennzeichnetes Bestimmungsverfahren	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2 oder DIN EN ISO 11885	FM-BA HBU
17	Nickel	DIN ISO 22036 (06/2009)	ICP-OES			sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 11885	HBU FM-BA FMA DepV
	Nickel	DIN EN ISO 17294-2 (02/2005) (01/2017)	ICP-MS			FBU, Forum-AU	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:)
	Nickel	DIN 38406-11 Teil 1 (09/1991)	AAS-Flamme	0,2	Bestimmungsverfahren nicht mehr gebräuchlich	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2 oder DIN EN ISO 11885	VersatzV BBodSchV HBU
	Nickel	DIN 38406-11 Teil 2 (09/1991)	ET-AAS	0,005	Bestimmungsverfahren nicht mehr gebräuchlich	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2 oder DIN EN ISO 11885	VersatzV BBodSchV LAGA M20 HBU
	Nickel	DIN EN ISO 11885 (04/1998) (09/2009)	ICP-OES	0,002		FBU, Forum-AU	VersatzV BBodSchV HBU DepV FMA LAGA M20 FM-BA
	Nickel	DIN ISO 11047 (06/1995) (05/2003)	ET-AAS / Flamme	GR: 0,005 FL: 0,2	Norm aus dem Bereich Bodenbeschaffenheit	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2 oder DIN EN ISO 11885	VersatzV
	Nickel	DIN EN ISO 15586 (02/2004)	ET-AAS		Bestimmungsverfahren nicht mehr gebräuchlich	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2 oder DIN EN ISO 11885	HBU FMA FM-BA
18	Quecksilber	DIN EN ISO 12846 (08/2012)	Kaltdampf-AAS (SnCl ₂)		ersetzt DIN EN 1483 und DIN EN 12338	Forum-AU	DepV FMA 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:)
	Quecksilber	DIN EN 1483, Absch. 5 (08/1997) (07/2007)	Kaltdampf-AAS (NaBH ₄)	0,0001	zurückgezogen und ersetzt durch DIN EN ISO 12846	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 12846	VersatzV BBodSchV FM-BA HBU LAGA M20
	Quecksilber	DIN ISO 16772 (06/2005)	Atomfluoreszenzverfahren (AFS)	0,00001		sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17852	HBU FM-BA
	Quecksilber	DIN EN ISO 17294-2 (02/2005) (01/2017)	ICP-MS		Verschleppung im Proben- eintragssystem möglich	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 12846	
	Quecksilber	DIN EN 16175-1 (12/2016)	Kaltdampf-AAS			sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 12846	HBU
	Quecksilber	DIN EN 16175-2 (12/2016)	Kaltdampf-AFS			sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17852	HBU
	Quecksilber	DIN EN ISO 17852 (04/2008)	Atomfluoreszenzverfahren (AFS)	0,00001	neues Aufschluss-/ Konservierungsverfahren	FBU, Forum-AU	DepV FMA HBU
19	Selen	DIN ISO 22036 (06/2009)	ICP-OES			sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 11885	FMA HBU FM-BA DepV
	Selen	DIN EN ISO 15586 (02/2004)	ET-AAS		Bestimmungsverfahren nicht mehr gebräuchlich	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2 oder DIN EN ISO 11885	FM-BA 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:)
	Selen	DIN ISO 20280 (05/2010)	ET-AAS / Hydrid			sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2 oder DIN EN ISO 11885	FM-BA HBU
	Selen	DIN 38405-23 Teil 2 (10/94)	AAS-Hydrid	0,001	hohe Matrixabhängigkeit	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2 oder DIN EN ISO 11885	BBodSchV HBU
	Selen	DIN EN ISO 17294-2 (02/2005) (01/2017)	ICP-MS			FBU, Forum-AU	HBU FM-BA FMA DepV
	Selen	DIN 38405-23 Teil 1 (10/1994)	ET-AAS	0,005		sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2 oder DIN EN ISO 11885	BBodSchV HBU
	Selen	DIN EN ISO 11885 (04/1998) (09/2009)	ICP-OES	0,1	für niedrige Konzentrationen nicht anwendbar	FBU, Forum-AU	BBodSchV HBU DepV FMA FM-BA LAGA M20
20	Sulfat	DIN EN ISO 10304-1 (07/2009)	Ionenchromatographie	0,1		Forum-AU	DepV FMA 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:)
	Sulfat	DIN ISO 15923-1 (07/2014)	Einzelanalysensystem mit photometrischer Detektion bzw. Trübungsmessung		Ammonium, Nitrat, Nitrit, Chlorid, Orthophosphat, Silikat und Sulfat durch photometrische Detektion und einem Trübungsmessverfahren zur Bestimmung von Sulfat	FBU, Forum-AU	
	Sulfat	DIN 38405-5 Teil 2 (01/1985)	gravimetrisch, Fällung mit Barium-Ionen	20	niedrigerer unterer Anwendungsbereich durch Eindampfen; Bestimmungsverfahren nicht mehr gebräuchlich	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 10304-1	FM-BA LAGA M20 FMA
	Sulfat	DIN EN ISO 10304-2 (11/1996) (01/2017)	Ionenchromatographie	0,1	Norm zurückgezogen	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 10304-1	LAGA M20
21	Tellur	DIN EN ISO 17294-2 (02/2005) (01/2017)	ICP-MS			FBU, Forum-AU	
22	Thallium	DIN EN ISO 17294-2 (02/2005) (01/2017)	ICP-MS	0,0002		FBU, Forum-AU	FM-BA HBU
	Thallium	DIN ISO 22036 (06/2009)	ICP-OES		für niedrige Konzentrationen nicht anwendbar; ICP-OES nicht zu empfehlen	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2	HBU FM-BA
	Thallium	DIN 38406-16 (03/1990)	Voltametrie		hohe Matrixabhängigkeit; Bestimmungsverfahren nicht mehr gebräuchlich	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2	LAGA M20
	Thallium	DIN EN ISO 11885 (04/1998) (09/2009)	ICP-OES		für niedrige Konzentrationen nicht anwendbar; ICP-OES nicht zu empfehlen	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2	BBodSchV HBU FM-BA 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:)
	Thallium	DIN 38406-26 (07/1997)	ET-AAS	0,002		sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2	LAGA M20 HBU
23	Uran	DIN EN ISO 17294-2 (02/2005) (01/2017)	ICP-MS			FBU, Forum-AU	FM-BA
24	Vanadium	DIN ISO 22036 (06/2009)	ICP-OES	0,005		sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 11885	FM-BA HBU
	Vanadium	DIN EN ISO 17294-2 (02/2005) (01/2017)	ICP-MS	0,0001		FBU, Forum-AU	FM-BA HBU
	Vanadium	DIN EN ISO 15586 (02/2004)	ET-AAS		Bestimmungsverfahren nicht mehr gebräuchlich	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2 oder DIN EN ISO 11885	HBU FM-BA
	Vanadium	DIN EN ISO 11885 (09/2009)	ICP-OES	0,01		FBU, Forum-AU	HBU FM-BA
25	Wolfram	DIN EN ISO 11885 (09/2009)	ICP-OES		ICP-OES nicht zu empfehlen	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2	FM-BA
	Wolfram	DIN EN ISO 17294-2 (02/2005) (01/2017)	ICP-MS			FBU, Forum-AU	FM-BA
	Wolfram	DIN ISO 22036 (06/2009)	ICP-OES	0,005	ICP-OES nicht zu empfehlen	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2	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:)
26	Zinn	DIN EN ISO 11885 (04/1998) (09/2009)	ICP-OES			FBU, Forum-AU	BBodSchV FM-BA LAGA M20
	Zinn	DIN ISO 22036 (06/2009)	ICP-OES			sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 11885	FM-BA
	Zinn	DIN EN ISO 17294-2 (02/2005) (01/2017)	ICP-MS			FBU, Forum-AU	FM-BA
27	Zink	DIN EN ISO 17294-2 (02/2005) (01/2017)	ICP-MS	0,001		FBU, Forum-AU	FM-BA FMA HBU DepV
	Zink	DIN ISO 22036 (06/2009)	ICP-OES			sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 11885	DepV FMA HBU FM-BA
	Zink	DIN 38406-8 Teil 1 (10/1980) (10/2004)	AAS-Flamme mit Luft/ Acetylen	0,05	Bestimmungsverfahren nicht mehr gebräuchlich	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2 oder DIN EN ISO 11885	VersatzV BBodSchV HBU LAGA M20
	Zink	DIN EN ISO 11885 (04/1998) (09/2009)	ICP-OES	0,01		FBU, Forum-AU	VersatzV BBodSchV FM-BA HBU DepV FMA 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:)
	Zink	DIN EN ISO 15586 (02/2004)	ET-AAS		Bestimmungsverfahren nicht mehr gebräuchlich	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 17294-2 oder DIN EN ISO 11885	FM-BA HBU FMA
	Zink	DIN ISO 11047 (06/1995) (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 oder DIN EN ISO 11885	VersatzV

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	Materialtyp	Probenaufarbeitung	Verfahren	Kurzbeschreibung	UAG der Norm [mg/l]	UAG im Feststoff [mg/kg]	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
1	Basisch wirksame Bestandteile	Klärschlamm		VDLUFA-Methodenbuch, Band II.2, Methode 4.5.1				Bestimmung von basisch wirksamen Bestandteilen in Hüttenkalk, Konverterkalk, Kalkdüngern aus [...] sowie organischen und organisch-mineralischen Düngemitteln	FBU, Forum-AU	FMA AbfKlärV HBU
2	Ammoniumstickstoff (NH ₄ -N)	Schlamm	Verdrängung mittels 2M Kaliumchlorid-Lösung	DIN EN 14671 (09/2006)				Vorbehandlungsverfahren für DIN EN 13651	Forum-AU	
	Ammoniumstickstoff (NH ₄ -N)	Klärschlamm, Bioabfall	DIN EN 13651 (01/2002)	DIN ISO 14255 (11/1998)	CFA		< 1		Forum-AU	HBU
	Ammoniumstickstoff (NH ₄ -N)	Alle Wasser		DIN ISO 15923-1 (07/2014)	Einzelanalysensystem mit photometrischer Detektion bzw. Trübungsmessung			Ammonium, Nitrat, Nitrit, Chlorid, Orthophosphat, Silikat und Sulfat durch photometrische Detektion und einem Trübungsmessverfahren zur Bestimmung von Sulfat	FBU, Forum-AU	
	Ammoniumstickstoff (NH ₄ -N)	Klärschlamm	Für Wasser und Abwasser	DIN 38406-5 (10/1983)	a) Photometrische Bestimmung; b) Maßanalyse	a) 0,03 b) 0,5			sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 11732	FMA AbfKlärV HBU
3	Gesamtstickstoff (N _{ges.})	Klärschlamm, Bioabfall		DIN EN 13654-1 (01/2002)	Modifiziertes Kjeldahl-Verfahren				Forum-AU	HBU

Tab.II.6.3 Nährstoffanalytik

Lfd Nr.	Parameter	Materialtyp	Probenaufarbeitung	Verfahren	Kurzbeschreibung	UAG der Norm [mg/l]	UAG im Feststoff [mg/kg]	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
	Gesamt-Stickstoff (N _{ges.})	Klärschlamm		DIN EN 13342 (01/2001)	Kjeldahl-Verfahren					FMA AbfKlärV HBU
	Gesamt-Stickstoff (N _{ges.})	Klärschlamm		DIN EN 16169 (11/2012)	Kjeldahl-Verfahren					AbfKlärV FMA HBU
	Gesamt-Stickstoff (N _{ges.})	Klärschlamm		DIN ISO 11261 (05/1997)				Norm zurückgezogen; Empfehlung Regelsetzter: DIN EN 16169		FMA
	Gesamt-Stickstoff (N _{ges.})			DIN EN 16168 (11/2012)	Trockene Verbrennung			Bestimmungsgrenzen reichen für Bodenuntersuchungen oftmals nicht aus		HBU
4	Phosphor (P ₂ O ₅)	Klärschlamm	Königswasser-aufschluss: DIN EN 13346 (04/2001) oder DIN EN 16174 (11/2012)	DIN EN ISO 11885 (09/2009)	ICP-OES			spektrallinienabhängige Störanfälligkeit	sollte ersetzt werden durch: DIN EN 16170	AbfKlärV
	Phosphor (P ₂ O ₅)		Königswasser-aufschluss	DIN EN 16170 (01/2017)	ICP-OES				FBU, Forum-AU	FMA
	Phosphor (P ₂ O ₅)	Klärschlamm	Königswasser-aufschluss: DIN EN 13346 (04/2001) oder DIN EN 16174 (11/2012)	DIN EN ISO 17294-2 (01/2017)	ICP-MS	0,005		ICP-OES favorisieren (DIN EN 16170)	sollte ersetzt werden durch: DIN EN 16170	AbfKlärV FMA

Tab.II.6.3 Nährstoffanalytik

Lfd Nr.	Parameter	Materialtyp	Probenaufarbeitung	Verfahren	Kurzbeschreibung	UAG der Norm [mg/l]	UAG im Feststoff [mg/kg]	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
	Phosphor (P ₂ O ₅)	Klärschlamm	Königswasser-aufschluss: DIN EN 13346 (04/2001) oder DIN EN 16174 (11/2012)	DIN EN 16171	ICP-MS			ICP-OES favorisieren (DIN EN 16170)	sollte ersetzt werden durch: DIN EN 16170	AbfKlärV
	Phosphor (P ₂ O ₅)	Klärschlamm	Königswasser-aufschluss: DIN EN 13346 (04/2001) oder DIN EN 16174 (11/2012)	DIN EN ISO 6878 (09/2004)	Photometrisches Verfahren mittels NH ₄ -Molybdat				sollte ersetzt werden durch: DIN EN 16170	AbfKlärV FMA HBU
5	Phosphat	Boden		DIN EN ISO 10304-1 (07/2009)	Flüssigkeitsionenchromatographie					AbfKlärV FMA
	Phosphat	Boden		VDLUFA-Methodenhandbuch, Band I, A 6.2.1.1 (2012)	Calcium-Acetat-Lactat-Auszug					AbfKlärV FMA HBU
	Phosphat	Boden		VDLUFA-Methodenhandbuch, Band I, A 6.2.1.2 (2012)	Doppelacetat-Auszug; Photometrisch			P-Bestimmung; nicht P ₂ O ₅ -Bestimmung		AbfKlärV FMA HBU
	Phosphat	Boden		DIN ISO 22036 (06/2009)	ICP-OES					FMA

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 (04/1992)

DIN 51527-1 (05/1987)

DIN 38414 -20 (01/1996)

DIN EN 12766 Teil 1 (11/2000)

greifen diesen Untersuchungsansatz auf.

Bei der Quantifizierungsregel machte man sich die Persistenz der PCB zunutze, die sich dahingehend äußert, dass sich auch 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 festgelegt¹⁷. 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.

¹⁷ Die gemessenen 6 Leitkongeneren 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 Leitkongeneren nach Ballschmiter-PCB der Gesamtgehalt an PCB in einer Feststoffprobe ermittelt werden, so ist die Summe dieser 6 Ballschmiter-Kongenerere mit 5 zu multiplizieren¹⁸.

Dieser Faktor wurde bereits Ende der 80er Jahre in das nationale Recht übernommen¹⁹ und fand in der Folge auch Eingang in die europäische Normung: DIN EN 12766-2 (12/2001) 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 Kongenerere (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 Kongenerere zum Teil mit anderen Kongeneren 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 Leitkongeneren 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 Kongenerere festgelegt.

¹⁸ 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-Kongenerere Nr. 28, 52, 101, 138, 153 und 180, multipliziert mit dem Faktor 5.“ 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 Kongenerere nach Ballschmiter (nr. 28, 52, 101, 138, 153 u. 180) plus PCB-118 (Summe PCB₇ nach DepV) erfordert.

¹⁹ 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 Teil 1.“ 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 mitberücksichtigt.

Hinweis: Inzwischen wurde die DIN EN 15308 gemeinsam mit der DIN 38414-20 in die DIN EN 17322 überführt.

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 ²⁰
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			
77		0,0001	0,0001
81		0,0001	0,0003
126		0,1	0,1
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

²⁰ Änderungen der TEF in **fett**

II.7.2 Abfall-, Boden- und Altlastenuntersuchungsrelevante organische Stoffgruppen

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

BTEX

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

Chlorbenzole

- 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)

Chlorphenole

- 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-Gemisch (Hexachlorcyclohexan)

- 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.


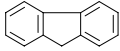


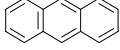
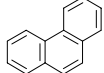
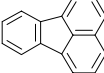
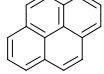
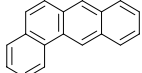
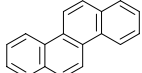
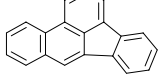
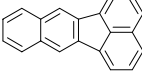
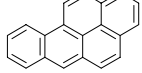
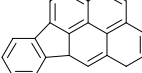
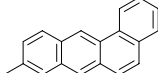
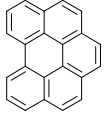
LHKW (leichtflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe)

- 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

PAK-Einzelstoffe

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	Benzo(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)perylen	$C_{22}H_{12}$	

PBDE- Einzelstoffe

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

Nr.	Kongener	Formel	Abkürzung*	Molare Masse [g/mol]
1	2,2',4,4'-Tetrabromdiphenylether	C ₁₂ H ₆ Br ₄ O	BDE-47	485,7950
2	2,2',4,4',5-Pentabromdiphenylether	C ₁₂ H ₅ Br ₅ O	BDE-99	564,6911
3	2,2',4,4',6-Pentabromdiphenylether	C ₁₂ H ₅ Br ₅ O	BDE-100	564,6911
4	2,2',4,4',5,6'-Hexabromdiphenylether	C ₁₂ H ₄ Br ₆ O	BDE-154	643,5872
5	2,2',4,4',5,5'-Hexabromdiphenylether	C ₁₂ H ₄ Br ₆ O	BDE-153	643,5872
6	2,2',3,4,4',5',6-Heptabromdiphenylether	C ₁₂ H ₃ Br ₇ O	BDE-183	722,4832
7	Decabromdiphenylether	C ₁₂ Br ₁₀ O	BDE-209	959,1714

*Bezeichnung analog der IUPAC-Nomenklatur für PCB

Tab.II.7.2;3 Strukturformeln der polybromierten Diphenylether (PBDE)

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	2,2,4,4,6PBDE	2,2',4,4',6-Pentabrombiphenylether	
60348-60-9	2,2,4,4,5PBDE	2,2',4,4',5-Pentabrombiphenylether	
207122-15-4	2,2,4,4,5,6BDE	2,2',4,4',5,6'-Hexabrombiphenylether	
68631-49-2	2,2,4,4,5,5BDE	2,2',4,4',5,5'-Hexabrombiphenylether	
1163-19-5	DecaBDE	2,2',3,3',4,4',5,5',6,6'-Decabrombiphenylether	
182346-21-0	2,2,3,4,4PBDE	2,2',3,4',4'-Pentabromdiphenylether	

PCB-Kongenere:

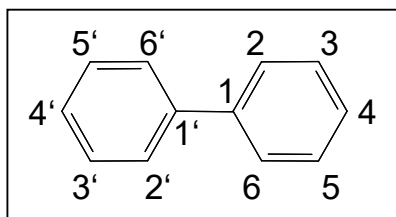


Abb. II.7.2;1 Zählweise zur Ermittlung der Stellung von Substituenten im Molekül am Beispiel Biphenyl

Die Aufstellung der korrekten Bezeichnung für PCB's bzw. PBDE's nach IUPAC erfolgt anhand der Stellung der Substituenten im Molekül. Hierbei ist die in Abbildung II.7.2;1 beschriebene Zählweise zugrunde 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“.

PFAS

Unter den per- und polyfluorierten Chemikalien (PFAS) werden eine Vielzahl von Verbindungen (mehrere tausend) verstanden. Derzeit existieren verschiedene Listen, die für den jeweiligen Rechtsbereich die relevanten Substanzen zusammenstellen. Aufgrund von aktuellen Forschungsvorhaben und daraus resultierenden neuen Erkenntnissen werden diese Listen vermutlich ständig in der Entwicklung bleiben und sind nicht als abschließend anzusehen. In der Richtlinie (EU) 2020/2184 des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 16. Dezember 2020 über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (EU-Trinkwasser-Richtlinie) findet sich beispielweise im Anhang III Teil B eine Auflistung von relevanten PFAS. Im Entwurf des „Leitfadens zur PFC-Bewertung – Empfehlungen für die bundeseinheitliche Bewertung von Boden- und Gewässerverunreinigungen sowie für die Entsorgung PFC-haltigen Bodenmaterials“ werden relevante Verbindungen genannt, für die zum jetzigen Zeitpunkt Bewertungsmaßstäbe existieren. Es handelt sich dabei derzeit um die nachfolgenden Substanzen²¹:

- | | |
|-------------------------------|--|
| • Perfluorbutansäure | PFBA (C ₄ HO ₂ F ₇) |
| • Perfluorpentansäure | PFPeA (C ₅ HO ₂ F ₉) |
| • Perfluorhexansäure | PFHxA (C ₆ HO ₂ F ₁₁) |
| • Perfluorheptansäure | PFHpA (C ₇ HO ₂ F ₁₃) |
| • Perfluoroctansäure | PFOA (C ₈ HO ₂ F ₁₅) |
| • Perfluorononansäure | PFNA (C ₉ HO ₂ F ₁₇) |
| • Perfluordecansäure | PFDA (C ₁₀ HO ₂ F ₁₉) |
| • Perfluorbutansulfonsäure | PFBS (C ₄ HO ₃ F ₉ S) |
| • Perfluorhexansulfonsäure | PFHxS (C ₆ HO ₃ F ₁₃ S) |
| • Perfluorheptansulfonsäure | PFHpS (C ₇ HO ₃ F ₁₅ S) |
| • Perfluoroctansulfonsäure | PFOS (C ₈ HO ₃ F ₁₇ S) |
| • 6:2-Fluortelomersulfonsäure | 6:2 FTSA (H4PFOS) (C ₈ H ₅ O ₃ F ₁₃ S) |
| • Perfluoroctansulfonamid | PFOSA (C ₈ H ₂ F ₁₇ NO ₂ S) |

²¹ Bei einigen PFAS (z. B. PFOS) können maßgebliche Anteile verzweigter Isomere in Umweltproben auftreten. Unter der Quantifizierung der Gehalte im Sinne der Aufzählung wird daher jeweils der Gesamtgehalt aller Isomere des jeweiligen Perfluoralkylsulfonats bzw. Perfluoralkylcarboxylats verstanden.

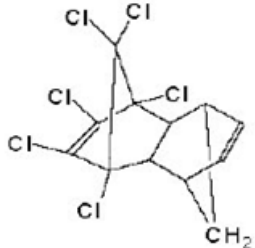
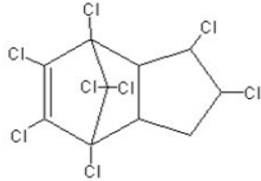
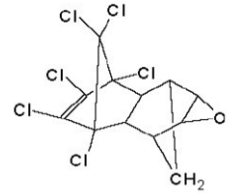
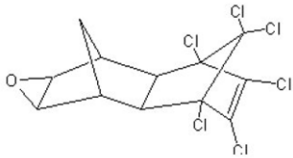
Phenole (Phenolkörper)

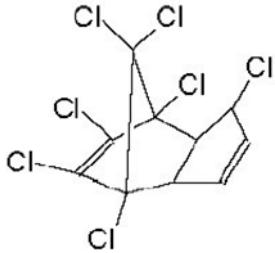
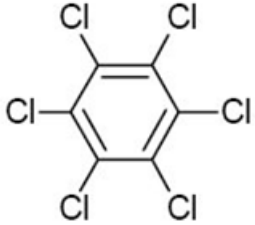
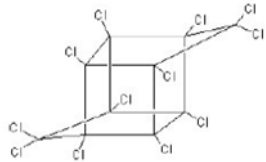
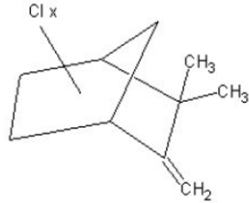
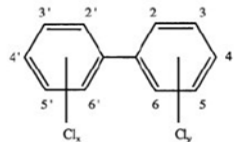
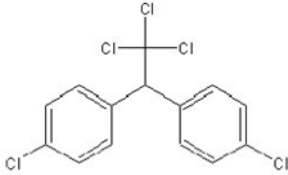
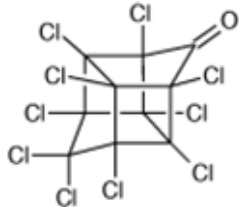
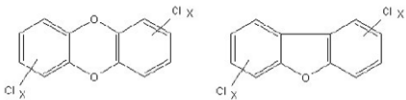
Unter Phenolen werden die im Folgenden gelisteten phenolischen Verbindungen verstanden:

- 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

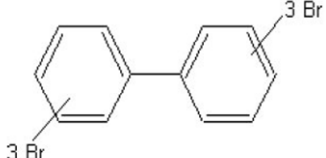
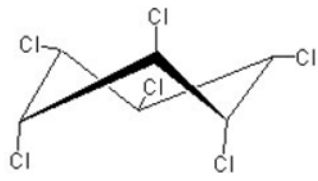
SHKW (Schwerflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe (POP's))

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

Verbindung/Bezeichnung	Formel
<p>Aldrin (1<i>R</i>,4<i>S</i>,5<i>S</i>,8<i>R</i>)-1,2,3,4,10,10-Hexachlor-1,4,4a,5,8,8a-hexahydro-1,4:5,8-dimethanonaphtalin <i>Organochlor-Insektizid</i></p>	
<p>Chlordan 1,2,4,5,6,7,8,8-Octachlor-2,3,3a,4,7,7a-hexahydro-4,7-methanoinden <i>Organochlor-Insektizid</i></p>	
<p>Dieldrin 1<i>R</i>,4<i>S</i>,4a<i>S</i>,5<i>R</i>,6<i>R</i>,7<i>S</i>,8<i>S</i>,8a<i>R</i>-1,2,3,4,10,10-Hexachlor-octahydro-6,7-epoxy-1,4:5,8-dimethanonaphtalin <i>Insektizid</i></p>	
<p>Endrin 1,2,3,4,10,10-Hexachlor-6α,7α-epoxy-1,4,4α,5,6,7,8,8α-octahydro-1α,4α:5α,8α-dimethanonaphtalin <i>Insektizid</i></p>	

Verbindung/Bezeichnung	Formel
<p align="center">Heptachlor (±)-1,4,5,6,7,8,8-Heptachlor-3a,4,7,7a-tetrahydro- 1H-4,7-methanoinden <i>Insektizid</i></p>	
<p align="center">Hexachlorbenzol (HCB) <i>Fungizid</i></p>	
<p align="center">Mirex Dodecachlorpentacyclo A [5.2.1.0<2,6>.0<3,9>.0<5,8>]decan <i>Organochlor-Insektizid</i></p>	
<p align="center">Toxaphen²² chloriertes Camphen (67–69% Chlor), auch unter dem Namen <i>Toxaphen</i> bekannt, empirische Zusammensetzung C₁₀H₁₀Cl₈, <i>Organochlor-Insektizid</i></p>	
<p align="center">Polychlorierte Biphenyle (PCB) <i>Industriechemikalie</i></p>	
<p align="center">DDT "p,p'-Dichlor-2,2-diphenyl-1,1,1-trichlorethan" [1,1,1-Trichlor-2,2-bis(4-chlorphenyl)ethan], <i>Insektizid</i></p>	
<p align="center">Chlordecon C₁₀Cl₁₀O <i>Organochlor-Insektizid</i></p>	
<p align="center">Dioxine/Furane PCDD/PCDF</p>	

²² Die Toxaphene sollten als Summe ausgewählter Einzelstoffe (mindestens Parlar 26, 50 und 62) angegeben werden und explizit nicht als Gesamtindex gegen eine technische Mischung.

Verbindung/Bezeichnung	Formel
<p>Hexabrombiphenyl Industriechemikalie</p>	
<p>HCH, Lindan Hexachlorcyclohexan <i>Organochlor-Insektizid</i></p>	

DDT

DDT wurde als Insektizid eingesetzt und gehört zur Gruppe der Organochlorpestizide. 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

STV (Sprengstofftypische Verbindungen)

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
- Nitrobenzol
- 1,3-Dinitrobenzol
- 1,3,5-Trinitrobenzol*
- Hexanitrodiphenylamin (Hexyl)
- N-Methyl-N-2,4,6-tetranitroanilin
- Oktogen (HMX)

NSO-Heterocyclen

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 folgenden Wirkstoffe/ Metabolite wurden/ werden häufig eingesetzt:

Glyphosat (Abbauprodukt: Aminomethylphosphonsäure (AMPA)), Atrazin, Bromacil, Diuron, Hexazinon, Simazin, Desethylatrazin, Dimefuron, Ethidimuron, 2,6-Dichlorbenzamid, Terbutylazin, Flumioxazin und Thiazafluron, 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, und 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 Lösemittelgemischen extrahiert (z. B. Aceton/Hexan).

Tab.II.7.3 Organische Analytik Feststoffe

Lfd. Nr.	Parameter	Materiale typ	Verfahren	Probenaufarbeitung	Validierung	Kurzbeschreibung	UAG der Norm	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
1	Aldrin							siehe Einträge für Organochlorpestizide		BBodSchV HBU FM-BA
2	2-Amino-4,6-Dinitrotoluol							siehe Einträge für STV und STV*		HBU
3	4-Amino-2,6-Dinitrotoluol							siehe Einträge für STV und STV*		HBU
4	BTEX	Abfall, Altlasten-, Bodenmaterial	DIN EN ISO 22155 (07/2016)	Extraktion unbehandelter feldfrischer Bodenproben mit Methanol durch Schütteln und Überführung in Wasser	ja (nur für Bodenmaterial)	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	kann z. B. nur bei feinkörnigem Feststoff angewandt werden; Material darf nicht zerkleinert/homogenisiert werden; bei grobstückigem Material an den Einzelfall anpassen; eine Vor-Ort-Überschichtung mit Methanol gemäß Abschnitt 6 der DIN EN ISO 22155 wird dringend empfohlen	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	Bestimmung von BTEX in Feststoffen aus dem Altlastenbereich, Überschichtung 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; 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	FMA LAGA M20 FM-BA
	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 EN ISO 22155 zu verwenden; ungeeignet für Feststoffuntersuchungen, da nicht belastbare Ergebnisse erzielt werden; Norm wurde zurückgezogen.	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 22155	VersatzV 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:)
	BTEX	Alllasten-, Bodenmaterial	DIN EN ISO 15009 (06/2013) (07/2016)	Extraktion unbehandelter feldfrischer Bodenproben mit Methanol durch Schütteln und Überführung in Wasser	ja, aber nur für aufgestocktes Methanol	Bodenbeschaffenheit – GC Bestimmung des Anteils an flüchtigen aromatischen Kohlenwasserstoffen, Naphthalin und flüchtigen Halogenwasserstoffen; Thermische Desorption nach Ausblasen und Sammeln auf Adsorbens	Boden: flüchtige aromatische KW und Naphthalin: 0,1 mg/kg	Wassernorm für Feststoffe ungeeignet; flüchtige aromatische Kohlenwasserstoffe und Naphthalin: vorgeschriebene Probenahme nach DIN ISO 10381-1 und -2 ungeeignet; Extraktion mit Methanol	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 22155	HBU
5	Chlorphenole	Boden	DIN ISO 14154 (06/1998) (12/2005)	Säure-Base-Flüssigextraktion gefolgt von Acetylierung und flüssigflüssig-Extraktion mittels Aceton/Hexan und Ultraschall	ja	Derivatisierung durch Acetylierung GC-ECD	0,01 bis 0,05 mg/kg je Chlorphenol	GC-MS anwendbar	FBU, Forum-AU	HBU
6	DDT	siehe Einträge für Organochlorpestizide								BBodSchV HBU FM-BA
7	1,3-Dinitrobenzol	siehe Eintrag für STV								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:)	
8	2,4-Dinitrotoluol	siehe Einträge für STV und STV*									FM-BA HBU
9	2,6-Dinitrotoluol	siehe Einträge für STV und STV*									FM-BA HBU
10	HCB	siehe Einträge für Organochlorpestizide									BBodSchV HBU FM-BA
11	HCH	Boden, Sediment	DIN ISO 10382 (02/1998) (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	BBodSchV FM-BA	
12	Hexanitrodiphenylamin (Hexyl)	siehe Eintrag für STV									FM-BA HBU
13	Hexogen	siehe Eintrag für STV									FM-BA HBU

Tab.II.7.3 Organische Analytik Feststoffe

Lfd. Nr.	Parameter	Materiale typ	Verfahren	Probenaufarbeitung	Validierung	Kurzbeschreibung	UAG der Norm	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
14	LHKW	Abfall, Altlasten-, Bodenmaterial	DIN EN ISO 22155 (07/2016)	Extraktion unbehandelter feldfrischer Bodenproben mit Methanol durch Schütteln und Überführung in Wasser	ja (nur für Bodenmaterial)	GC-Bestimmung flüchtiger Halogenkohlenwasserstoffe und ausgewählter Ether; Statisches Dampfraum-Verfahren; GC-MS	Boden: BG: 0,01 – 0,2 mg/kg mit GC-ECD	kann nur bei feinkörnigem Feststoff angewandt werden; Material darf nicht zerkleinert/homogenisiert werden; bei grobstückigem Material an den Einzelfall anpassen; eine Vor-Ort-Überschichtung mit Methanol gemäß Abschn. 6 der DIN EN ISO 22155 wird dringend empfohlen; für Proben, die mit lipophilen Substanzen belastet sind, ist dieses Bestimmungsverfahren ungeeignet	FBU, Forum-AU	FM-BA HBU
	LHKW	Altlasten-, Bodenmaterial	DIN EN ISO 15009 (06/2013) (07/2016)	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	Probenahme nach DIN ISO 10381-1 und -2 unzulänglich; Probengewinnung ungeeignet; mangelhafte Validierung (Verfahren nicht an Feststoff, sondern lediglich an einer aufgestockten methanolischen Lösung validiert, d.h. ohne Probenvorbereitung)	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 22155	HBU
	LHKW	Altlasten-, Bodenmaterial	DIN EN ISO 10301 (08/1997)			Wasserbeschaffenheit: Bestimmung leichtflüchtiger halogenierter Kohlenwasserstoffe – Gaschromatographische Verfahren	BG substanzabhängig in wässrigen Medien von 0,01 bis 200 µg/l	für Feststoffe ungeeignet	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 22155	VersatzV

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 (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 Arbeitstechnik, 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; überschichtete Proben sind über einen längeren Zeitraum (> 10 Tage) stabil; Verfahren bietet die Möglichkeit matrixbedingte Störungen wie beispielsweise lipophile Substanzen oder Detergentien zu umgehen	sollte ersetzt werden durch: DIN EN ISO 22155	LAGA M20 FM-BA
15	MKW	Abfall, Boden-, Altlastenmaterial	LAGA-Mitteilung 35 (LAGA KW/04) (11/2009) (09/2019) In Verbindung mit DIN EN 14039 (12/2000) (01/2005)	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 EN ISO 16703: kein Anwendungsbereich definiert	*LAGA KW/04 besitzt auch den Charakter einer Informationsschrift für die Untersuchung auf KW's unter Rückgriff auf bestehende Richtlinien und Normen; präzisiert die DIN EN 14039 für die Vollzugspraxis; sollte eingesetzt werden in Verbindung mit den darin zitierten, validierten Normen	FBU, Forum-AU	FM-BA DepV FMA 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:)
	MKW	Abfall	DIN EN 14039 (12/2000) (01/2005) In Verbindung mit LAGA-Mitteilung 35 (LAGA KW/04) (11/2009) (09/2019)	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; wird für den Vollzug durch LAGA KW/04 präzisiert; DIN EN 14039 nicht vollzugspraxistauglich; LAGA KW/04 ist in Verbindung mit den darin zitierten Normen und Präzisierungen anzuwenden	FBU, Forum-AU	LAGA M20 VersatzV FMA DepV HBU
	MKW	Boden-, Alllastenmaterial	DIN EN ISO 16703 (12/2005) (09/2011) In Verbindung mit LAGA-Mitteilung 35 (LAGA KW/04) (11/2009) (09/2019)	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 bis 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 DIN EN ISO 16703 inhaltlich identisch mit der DIN EN 14039 ist. Die Strategie der LAGA KW/04 ist zu beachten.	FBU	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:)
	MKW	Boden-/Altlastenmaterial	DIN EN ISO 16558-1 (12/2015) (11/2020)			Bestimmung von aliphatischen und aromatischen Fraktionen leicht flüchtiger MKW mittels HSGC		konkretisiert DIN EN ISO 16703 u. a. durch Kombination mit den Ansätzen der DIN EN ISO 22155; Bestimmung von n-Alkanen zwischen C ₅ H ₁₂ und C ₁₀ H ₂₂ , Isoalkanen, Cycloalkanen, BTEX sowie Di- und Trialkylbenzolverbindungen als leichtflüchtige Gesamtmineralölkohlenwasserstoffe C ₅ bis C ₁₀	FBU	HBU
16	Nitrobenzol	siehe Eintrag für STV								HBU
17	Nitropenta (PETN)	siehe Eintrag für STV								FM-BA HBU
18	2-Nitrotoluol	siehe Einträge für STV und STV*								HBU
19	3-Nitrotoluol	siehe Einträge für STV und STV*								HBU
20	4-Nitrotoluol	siehe Einträge für STV und STV*								HBU
21	N-Methyl-N-2,4,6-tetra-nitroanilin	siehe Eintrag für STV								HBU
22	Okto-gen (HMX)	siehe Eintrag für STV								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:)
23	Organochlorpestizide (OCP)	Boden	DIN ISO 10382 (02/1998) (05/2003)	Extraktion mittels Aceton/Petrolether im Soxhlet oder und Schüttelextraktion	ja, für Boden	GC-FID GC-ECD	0,1 bis 4 µg/kg TM; substanzabhängig	Norm-Entwurf (E- DIN ISO 10382) ist in BBodSchV zitiert; GC-MS anwendbar; geeignete interne Standards sollten eingesetzt werden; hohe MKW-Gehalte können GC-MS Detektion stören	FBU, Forum-AU	BBodSchV HBU FM-BA
	Organochlorpestizide (OCP)	Boden	DIN EN 15308 (12/2016)	Extraktion durch Schütteln/ Ultraschall/ Soxhlet				inzwischen wurde die DIN EN 15308 gemeinsam mit der DIN 38414-20 in die DIN EN 17322 überführt		FM-BA
	Organochlorpestizide (OCP)	Boden	VDLUFA-Methodenbuch, Band VII	Extraktion mit Wasser/Aceton/Petrolether-Gemisch		GC-ECD GC-MS				BBodSchV

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:)
24	Organozinnverbindungen	Boden, Schlamm, Abfall	DIN EN ISO 23161 (10/2011) (04/2019)	GC-AED/GC-MS/GC-FPD 1. Eisessig, Methanol, Wasser und Ultraschall; Derivatisierung; 2. methanolische KOH, Hexan und Ultraschall oder Erhitzen; Derivatisierung	ja, Sedimente, Boden	GC-AED/GC-MS-FPD; GC-AED/GC-MS/GC-FPD; ICP-MS	10 µg/kg Einzelverbindung		FBU, Forum-AU	HBU
25	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; 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; zitierte DIN EN 15002 ist vollzugspraxisuntauglich; hier ist DIN 19747 anzuwenden	Forum-AU	HBU AbfKlärV FMA

Tab.II.7.3 Organische Analytik Feststoffe

Lfd. Nr.	Parameter	Materiale typ	Verfahren	Probenaufarbeitung	Validierung	Kurzbeschreibung	UAG der Norm	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
	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
	PAK	Boden-, Altlastenmaterial	DIN ISO 13877 (06/1995) (01/2000)	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; Extraktreinigung mit Aluminiumoxid führt zu quantitativen Verlusten der PAK; bei der Extraktion kohlehaltiger Materialien ist zur Vermeidung erheblicher Minderbefunde die Extraktionsdauer im Soxhlet auf mindestens 8h zu erhöhen		VersatzV BBodSchV HBU LAGA M20 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:)
	PAK (inkl. BaP)	Boden, Abfall, Klärschlamm	DIN CEN/TS 16181 (12/2013)	PV: gemäß DIN 19747 (07/2009)		16 PAK Extraktion: z. B. Aceton/ Petrolether, Toluol; ggf. Cleanup; Trennung/Detektion: GC-MS, HPLC		äquivalent zu ISO 13859; nur für Biobfall, Klärschlamm geeignet; DIN EN 16181 (08/2019) enthält Validierungskenndaten		AbfKlärV FMA HBU
	PAK		DIN EN 16181 (08/2019)	Probentrocknung nach EN 16179		Bestimmung von 16 PAK mittels GC-MS oder HPLC-UV-DAD/FLD nach Extraktion und Aufreinigung	0,01 mg/kg TS je Einzelsubstanz	stark matrixabhängig; Hinweise in der Norm bezüglich der Probenvorbereitung beachten		HBU
	PAK	Klärschlamm, Boden, Komposte	VDLUFA-Methodenhandbuch, Band VII; Handbuch Altlasten B. 7, LfU HE (1998) (2003)	Extraktion: Aceton, Wasser, Kochsalz, Petrolether; Schütteln	ja	Bestimmung von PAK in Böden, Klärschlämmen und 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 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:)
	PAK	Boden	Merkblatt Nr. 1 des LUA-NRW (1994)	Soxhlet-Extraktion mit Toluol; chromatographisches Clean-up oder Extraktion mit Tetrahydrofuran oder Acetonitril		GC-MS oder HPLC-UV/DAD/F				VersatzV BBodSchV LAGA M20 HBU
	PAK (inkl. BaP)	Schlamm, Sedimente	DIN 38414-23 (02/2002)			HPLC mit Fluoreszenzdetektion				FM-BA AbfklärV FMA HBU
26	PBDE	Feste Abfälle	DIN EN 16377 (12/2013)	Homogenisierung; Gefrier-trocknung; Zerkleinerung; Sieben; Soxhletextraktion der trockenen Probe mit organischem Lösungsmitteln (Aceton mit Hexan, Dichlormethan etc.)	ja	GC-MS	0,1 mg/kg	für Decabromdiphenylether (BDE-209) geeignet; matrixunabhängige Methode (für kunststoffhaltige Abfälle geeignet) bei Schredderleichtfraktion und Elektroschrott kein Aceton zur Extraktion verwenden; in DIN EN 16377 zitierte DIN EN 15002 ist vollzugspraxisuntauglich; hier ist DIN 19747 anzuwenden; sinnvoll für Analytik nach EU-POP-VO (zu beachten: die Anwendungsgrenze für DecaBDE liegt nur zwischen 100 µg/kg und 10.000 µg/kg)	Forum-AU	

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:)
	PBDE	Sediment, Klärschlamm	DIN EN ISO 22032 (07/2009)	Homogenisierung; Gefrier-trocknung; Zerkleinerung; Sieben; Soxhletextraktion der trockenen Probe mit organischem 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 Decabromdiphenylether; 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 Kapillarsäulenstörung durch andere BDE-Kongenere; natürlich entstandene bromierte Verbindungen, wie z. B. halogenierte Bipyrole oder bromierte Phenoxyanisole stören; Probenkontakt mit organischen Polymeren muss vermieden werden	Forum-AU	HBU
27	PCB	Boden, Bioabfall, Klärschlamm	DIN EN 16167 (11/2012) (06/2019)	PV: DIN 19747	ja; nicht für Boden	LM-Extraktion (z. B. Aceton-Petrolether/ ASE); Cleanup: z. B. Al ₂ O ₃ ; AgNO ₃ /SiO ₂ ; GC-MS, -ECD		DIN EN 16167 beinhaltet Validierungsdaten und Berechnung PCB-Gesamtgehalte; Norm wurde zurückgezogen	sollte ersetzt werden durch: DIN EN 17322	HBU AbfKlärV FMA
	PCB	Fester Abfall	DIN EN 15308 (12/2016)	Extraktion durch Schütteln, Ultraschall, Soxhlet	ja	GC (mit ECD oder MS)	0,01 mg/kg TM für die einzelnen Kongenere	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 aktueller DepV; beinhaltet für PCBs den LAGA Faktor 5 für die Ergebnisangabe der Gesamtgehalte; Norm wurde zurückgezogen; sinnvoll für Analytik nach EU-POP-VO	sollte ersetzt werden durch: DIN EN 17322	HBU FM-BA FMA DepV

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	Boden, Schlamm, Bioabfall, Abfall	DIN EN 17322 (03/2021)			GC (mit ECD oder MS)		Norm ist eine Zusammenführung der DIN EN 15308 und der DIN EN 16167	FBU, Forum-AU	
	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 Klärschlamm; Norm wurde zurückgezogen; sinnvoll für Analytik nach EU-POP-VO;	sollte ersetzt werden durch: DIN EN 17322	BBodSchV VersatzV LAGA M20 HBU AbfklärV FMA FM-BA
	PCB	Boden	VDLUFA-Methodenbuch, Band VII; Handbuch Altlasten B. 7, LfU HE (1998) (2003)	Extraktion: Aceton, Wasser, Kochsalz, Petrolether /Schütteln						BBodSchV LAGA M20 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:)
	PCB	Flüssiger Abfall	DIN EN 12766-1 (11/2000) DIN EN 12766-2 (12/2001) (für Berechnung von PCB)	Auflösen in einem KW (Hexan, Heptan, Cyclohexan, iso-Octan)	nein	Mineralölerzeugnisse und Gebrauchstöl - Bestimmung von PCBs und verwandten Produkten mittels GC mit ECD oder MS		für Mineral- und Altöluntersuchungen; EU-POP-VO hat Grenzwerte für diverse Chlororganika; erforderlich für Analytik nach EU-POP-VO; es existieren nach DIN EN 12766-2 zwei Berechnungsverfahren, wobei Verfahren B die Multiplikation der 6 Kongeneren mit dem Faktor 5 verlangt; fehlende Validierung	Forum-AU	AltölV FMA
	PCB	Boden	DIN ISO 10382 (02/1998) (05/2003)	PV: DIN 19747	ja	LM-Extraktion: Aceton-Petrolether; Clean up: Al ₂ O ₃ ; GC-ECD und Schüttelextraktion		als GC-MS-Methode anwendbar	FBU, Forum-AU	BBodSchV HBU AbfKlärV FM-BA FMA LAGA M20
	PCB	Altholz	Anhang IV AltholzV Ziffer 1.4.5 in Verbindung mit: DIN 38414-20 (01/1996)	Lufttrocknung; Mahlen; Soxhletextraktion 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 38414-20 zurückgezogen		AltholzV FMA
28	PCDD/F	Schlamm, behandelte Bioabfall	DIN CEN/TS 16190 (05/2012)	Soxhlet (oder gleichwertig) 5-50g; Extraktionsmittel: Toluol, n > 50 Cyclen	ja			Bestimmung der PCDD/F und dl-PCB mittels HR GC-MS (Isotopenverdünnungsverfahren)	sollte ersetzt werden durch: DIN EN 16190	FMA HBU 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:)
	PCDD/F	Schlamm, behandelter Bioabfall	DIN EN 16190 (10/2019)		ja	GC-MS nach Soxhlet Extraktion		Bestimmung der PCDD/F und dl-PCB mittels HR GC-MS (Isotopenverdünnungsverfahren); auf Grund des technischen Fortschrittes kann die Verwendung der GC-MS-MS als gleichwertig zur in der Norm beschriebenen GC-HRMS betrachtet werden; sinnvoll für Analytik nach EU-POP-VO	FBU, Forum-AU	HBU
	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	Vorteil: Aliphaten werden nicht mit extrahiert; auf Grund des technischen Fortschrittes kann die Verwendung der GC-MS-MS als gleichwertig zur in der Norm beschriebenen GC-HRMS betrachtet werden	FBU	BBodSchV FM-BA FMA HBU
	PCDD/F	Klärschlamm	Anhang 1, Nr. 1.3.3.2 AbfKlärV	Gefrier-trocknung; Mahlen; Soxhletextraktion mit Toluol	nein	Bestimmung von PCDD/PCDF mittels GC-HR-MS		kann wegen fehlender Validierung nicht empfohlen werden	sollte ersetzt werden durch: DIN EN 16190	AbfKlärV
29	PCP	Altholz	Anhang IV AltholzV Ziffer 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 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:)
	PCP	Boden, Abfall, Sediment	DIN ISO 14154 (10/1997) (12/2005)	Extraktion mit Aceton/Hexan; GC-ECD; GC-MS	ja	GC-ECD	0,01 bis 0,05 mg/kg je Chlorphenol	GC-MS anwendbar	FBU	BBodSchV FM-BA FMA
30	PFAS	Schlamm, Sedimente, Kompost, Boden	DIN 38414-14 (08/2011)	Extraktion der trockenen homogenisierten Probe mit Methanol-Ammoniaklösung; Reinigung: Festphasenextraktion	ja	Bestimmung ausgewählter polyfluorierter Verbindungen (PFAS) im Schlamm, Kompost und Boden; Detektion: HPLC-MS/MS	10 µg/kg TM	die Norm beinhaltet insgesamt 10 Einzelverbindungen (weitere Verbindungen können im Einzelfall ebenfalls mit der Norm untersucht werden); sinnvoll für Analytik nach EU-POP-VO	FBU, Forum-AU	AbfKlärV FMA HBU
31	STV	Altlastenmaterial	DIN ISO 11916-1 (03/2011) (11/2014)	Extraktion mit Acetonitril oder Methanol mittels Ultraschall, Schütteln, Soxhlet oder PLE	ja, mit altlastentypischen Verbindungen	HPLC-Verfahren HPLC-UV	0,1 bis 1 mg/kg TM		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:)
32	STV*	Altlastenmaterial	DIN ISO 11916-2 (03/2011) (11/2014)	Extraktion mit Acetonitril oder Methanol mittels Ultraschall, Schütteln, Soxhlet oder PLE und Umlösen in Toluol	ja, mit altlastentypischen Verbindungen	GC-Verfahren GC-MS oder GC-ECD	0,05 mg/kg TM		FBU, Forum-AU	FM-BA HBU
33	1,3,5-Trinitrobenzol	siehe Einträge für STV und STV*								HBU
34	2,4,6-Trinitrotoluol	siehe Einträge für STV und STV*								FM-BA HBU

II.7.4 Organische Analytik Eluate, Perkolate, Wässer

Die Durchführung von Elutions- und Perkolationsversuchen 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	Aldrin	Wässer	DIN 38407-2 (02/1993)	GC-ECD flüssig-flüssig-Extraktion mit Pentan, Hexan oder Heptan		flüssig-flüssig-Extraktion GC-ECD oder GC-MS		GC-MS anwendbar mit geeigneten internen Standards; Norm wurde zurückgezogen		BBodSchV FM-BA HBU
	Aldrin	Wässer	DIN EN ISO 6468 (02/1997)	flüssig-flüssig-Extraktion; Konzentration; Vorreinigung	ja	GC-ECD nach flüssig-flüssig-Extraktion	1-10 ng/l			FM-BA HBU
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

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:)
3	BTEX	Wässer	DIN 38407-9 (05/1991)	Eluat-/ Perkolatgewinnung nach DIN 19528 bzw. 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	> 5 µg/l	Herstellung von Eluaten für die anschließende Bestimmung von BTEX ist aufgrund der Flüchtigkeit (sehr hohe Verluste) ungeeignet; kein Verfahren ist für die Herstellung von Eluaten zur BTEX-Bestimmung geeignet; Eluatherstellung läuft der vorgeschriebenen Norm zuwider; kann wegen fehlender Validierung nicht empfohlen werden; zur Analyse von Sickerwässern, Grundwasser etc. geeignet; Norm wurde zurückgezogen	sollte ersetzt werden durch: DIN 38407-43	BBodSchV HBU FM-BA VersatzV
	BTEX (inkl. Benzol)	Wässer	DIN 38407-43 (10/2014)		ja	Bestimmung ausgewählter leichtflüchtiger org. Verbindungen mittels stat. HSGC-MS-Verfahren		für Elutions- und Perkolationsversuche ungeeignet 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-Bestimmung; Herstellung des Eluates läuft der vorgeschriebenen Norm zuwider!	FBU, Forum-AU	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:)
	BTEX	Wässer	DIN EN ISO 15680 (04/2004)		nein, Perkolatgewinnung nach DIN 19528 nur für PAK validiert	Wasserbeschaffenheit: GC-Bestimmung 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 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-Bestimmung; Herstellung des Eluates läuft der vorgeschriebenen Norm zuwider! Kann wegen fehlender Validierung nicht empfohlen werden; zur Analyse von Sickerwässern, Grundwasser etc. geeignet	sollte ersetzt werden durch: DIN 38407-43	HBU FBU FM-BA
	BTEX	Wässer	DIN 38407-41 (09/2011)		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	für Elutions- und Perkolationsversuche ungeeignet 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-Bestimmung; Herstellung des Eluates läuft der vorgeschriebenen Norm zuwider; zur Analyse von Sickerwässern, Grundwasser etc. geeignet; Norm wurde zurückgezogen		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:)
4	Chlorbenzole	Wässer	DIN 38407-2 (02/1993)	GC-ECD flüssig-flüssig-Extraktion mit Pentan, Hexan oder Heptan		flüssig-flüssig-Extraktion GC-ECD oder GC-MS		GC-MS anwendbar mit geeigneten internen Standards; Norm wurde zurückgezogen		BBodSchV FM-BA HBU
	Chlorbenzole	Wässer	DIN 38407-37 (11/2013)	Eluatgewinnung nach DIN 19529 oder LAGA EW 98 T; flüssig-flüssig-Extraktion des Eluates mit Hexan oder Heptan/ Petrol-ether	nein	flüssig-flüssig-Extraktion mit einem unpolaren Lösungsmittel (z. B. Petrol-ether); GC-MS	0,005 µg/l	für Elutions- und Perkolationsversuche ungeeignet; ersetzt DIN 38407-2		HBU
	Chlorbenzole	Wässer	DIN 38407-43 (02/1993) (10/2014)			Bestimmung ausgewählter leichtflüchtiger organischer Verbindungen mittels statischem HSGC-MS-Verfahren	0,1 µg/l	für C ₁ bis C ₃ -Chlorbenzolspezies geeignet; für Elutions- und Perkolationsversuche ungeeignet	FBU, Forum-AU	HBU

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

Lfd. Nr.	Parameter	Materialeotyp	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 DIN 19528 bzw. DIN 19529; flüssig-flüssig-Extraktion des Eluates mit Hexan oder Heptan/ Petrol-ether	nein	GC-ECD Bestimmung ausgewählter Organochlorinsektizide, PCB und Chlorbenzole; GC-Verfahren nach flüssig-flüssig-Extraktion (Cl ₃ -Cl ₆)		für Elutions- und Perkolationsversuche ungeeignet; kann wegen fehlender Validierung nicht empfohlen werden		HBU FM-BA
	Chlorbenzole	Perkolate, Sickerwässer	DIN EN ISO 10301 (08/1997)	flüssig-flüssig-Extraktion mit Pentan	nicht für Eluat-/ Perkolatuntersuchungen validiert	flüssig-flüssig-Extraktion; GC-ECD (Cl ₁ -Cl ₃)	0,01 bis 200 µg/l, substanzabhängig	GC-MS anwendbar mit geeigneten internen Standards; für Sickerwasser- und Grundwasseruntersuchungen geeignet	FBU	FM-BA
5	Chlorphenole	Wässer	DIN EN 12673 (05/1999)	Eluat-/ Perkolatgewinnung nach DIN 19528 bzw. DIN 19529; Extraktion; Derivatisierung; flüssig-flüssig-Extraktion mit Toluol	nein	GC-Bestimmung 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; nicht für Eluat-/ Perkolatuntersuchungen validiert; für Sickerwasser- und Grundwasseruntersuchungen geeignet	FBU, Forum-AU	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:)
	Chlorphenole	Perkolat, Eluat, Wässer	ISO/DIS 8165-2 (01/1997) (07/1999)	flüssig-flüssig-Extraktion mit Hexan und Derivatisierung mit Pentafluorbenzoylchlorid	nein	GC-ECD	<0,1 µg/l			BBodSchV
6	DDT	Wässer	DIN 38407-2 (02/1993)	GC-ECD; flüssig-flüssig-Extraktion mit Pentan, Hexan oder Heptan		flüssig-flüssig-Extraktion; GC-ECD oder GC-MS		GC-MS anwendbar mit geeigneten internen Standards; Norm wurde zurückgezogen		BBodSchV FM-BA HBU
	DDT	Wässer	DIN EN ISO 6468 (02/1997)	flüssig-flüssig-Extraktion, Konzentration; Vorreinigung	ja	GC-ECD nach flüssig-flüssig-Extraktion	1-10 ng/l			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:)
7	Glyphosat/AMPA	Perkolat, Eluat	DIN 38407-22 (10/2001)	Eluat-/ Perkolatgewinnung nach DIN 19528 bzw. DIN 19529; 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; Matrixeinflüsse prüfen; kann wegen fehlender Validierung des Perkolationsversuchs nicht empfohlen werden; Oxidationsmittel in der Wasserprobe, insbesondere freies Chlor, führt zum Abbau von Glyphosat und AMPA; gechlorte Wasserproben sind mit Natriumthiosulfat zu stabilisieren; Bestimmung 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		
	Glyphosat/AMPA	Perkolat, Eluat	DIN ISO 16308 (09/2017)	Eluat-/ Perkolatgewinnung nach DIN 19528 bzw. DIN 19529	nein, Perkolatgewinnung nach DIN 19528 nur für PAK validiert	Bestimmung von Glyphosat und Aminomethylphosphonsäure (AMPA) in Wasser durch HPLC mit tandemmassenspektrometrischer Detektion	> 0,03 µg/l	Matrixeinflüsse prüfen; kann wegen fehlender Validierung des Perkolationsversuchs nicht empfohlen werden	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:)
8	Hexachlorbenzol	Eluate, Perkolate, Wässer	DIN 38407-37 (11/2013)	flüssig-flüssig-Extraktion mit Pentan, Hexan oder Heptan	ja	flüssig-flüssig-Extraktion; GC-MS			FBU, Forum-AU	HBU
	Hexachlorbenzol	Sickerwasser	DIN 38407-2 (02/1993)	flüssig-flüssig-Extraktion mit Pentan, Hexan oder Heptan	ja, Trink-, Oberflächen- und Abwasser	flüssig-flüssig-Extraktion, GC-ECD oder GC-MS	1 - 10 ng/l	GC-MS anwendbar mit geeigneten internen Standards; Norm wurde zurückgezogen		HBU
9	LHKW	Eluate, Perkolate	DIN EN ISO 10301 (08/1997)	Eluat-/ Perkolatgewinnung nach DIN 19528 bzw. DIN 19529; flüssig-flüssig-Extraktion des Eluates mit Hexan oder Heptan/ Petrol-ether	nein (Eluat-/ Perkolatgewinnung)	Wasserbeschaffenheit: Bestimmung leichtflüchtiger halogenierter Kohlenwasserstoffe; GC-Verfahren mittels flüssig-flüssig-Extraktion oder statischer HSGC	Wasser: BG substanzabhängig von 0,01 bis 200 µg/l	für Elutions- und Perkolationsversuche ungeeignet; Perkolatgewinnung nach DIN 19528 nur für PAK validiert; 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-Bestimmung; 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 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:)
	LHKW	Wässer	DIN EN ISO 15680 (04/2004)		nein, Perkolatgewinnung nach DIN 19528 nur für PAK validiert	Wasserbeschaffenheit: GC-Bestimmung 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; Herstellung von Eluaten/ Perkolaten für die anschließende Bestimmung von BTEX und LHKW ist aufgrund der Flüchtigkeit (sehr hohe Verluste) ungeeignet; es gibt kein Verfahren für die Herstellung von Eluaten/ Perkolaten zur BTEX- und LHKW-Bestimmung; Herstellung des Eluates läuft der vorgeschriebenen Norm zuwider! Kann wegen fehlender Validierung nicht empfohlen werden; zur Analyse von Sickerwässern, Grundwasser etc. geeignet.	FBU	FM-BA
	LHKW (Tri & Per)	Wässer	DIN EN ISO 17943 (10/2016)		nein	Wasserbeschaffenheit: GC-Bestimmung leichtflüchtiger halogener Kohlenwasserstoffe mittels HS-SPME-GC-MS		für Elutions- und Perkolationsversuche ungeeignet; Perkolatgewinnung nach DIN 19528 nur für PAK validiert; Ersatz für DIN 38407-41		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:)
	LHKW	Wässer	DIN 38407-41 (09/2011)		nein, Perkolatgewinnung nach DIN 19528 nur für PAK validiert	Wasserbeschaffenheit: Bestimmung ausgewählter leichtflüchtiger organischer Verbindungen mittels SPME und GC-MS	0,01 µg/l, abhängig von der Einzelsubstanz	Für Elutions- und Perkolationsversuche ungeeignet; Norm wurde zurückgezogen und durch DIN EN ISO 17943 ersetzt		FM-BA
	LHKW (Tri & Per)	Wässer	DIN 38407-43 (10/2014)		ja	Bestimmung ausgewählter leichtflüchtiger organischer Verbindungen mittels statischem HSGC-MS-Verfahren		für Elutions- und Perkolationsversuche ungeeignet Herstellung von Eluaten für die anschließende Bestimmung von BTEX und LHKW ist aufgrund der Flüchtigkeit (hohe Verluste) ungeeignet; es gibt kein Verfahren für die Herstellung von Eluaten zur BTEX- und LHKW-Bestimmung; Herstellung des Eluates läuft der vorgeschriebenen Norm zuwider!	FBU, Forum-AU	HBU
	LHKW	Sicker-, Grundwasser	DIN EN ISO 10301 (08/1997)	Verdränger: Na; flüssigflüssig-Extraktion mit Pentan	ja, Trink-, Abwasser	GC-ECD	0,01 bis 200 µg/l, substanzabhängig	GC-MS anwendbar mit geeigneten internen Standards	FBU	BBodSchV 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:)
	LHKW	Sickerwasser	DIN EN ISO 15680 (04/2004)	GC-MS, Purge und Trap-Anreicherung und thermischer Desorption	ja, Trink-, Oberflächenwasser	Bestimmung monocyclischer aromatischer und chlorierter aliphatischer Kohlenwasserstoffe nach Desorption mittels GC-MS oder GC-ECD	10 ng/L, substanzabhängig		FBU	
10	MKW	Wasser	DIN EN ISO 9377-2 (07/2001)	flüssig-flüssig-Extraktion mittels Petrolether (Siedepunkt: 36-69 °C)	ja	Wasser: KW-Index; GC-FID; Integration C ₁₀ -C ₃₉	0,1 mg/l	für Untersuchungen auf MKW sind Perkolate gemäß DIN 19528 ungeeignet; Norm kann für wässrige Lösungen mit Konzentrationen oberhalb von 0,1 mg/l angewandt werden; Verfahren kennt keine Kalibrierung über das Gesamtverfahren; 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-Bestimmung	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:)
	MKW	Boden	ISO/TR 11046 (06/1994)	a) FCKW-Extraktion, Reinigung mit Magnesiumsilikat b) Soxhletextraktion mit FCKW, Reinigung an Al ₂ O ₃ -Säule	nein	Bestimmung von MKW mittels IR-Screening oder GC-FID-Messung nach Extraktion und Aufreinigung	> 20 bzw. > 100 mg/kg TS, methodenabhängig	Norm zurückgezogen		VersatzV BBodSchV HBU
11	MTBE	Sickerwasser	DIN EN ISO 15680 (04/2004)	GC-MS Purge und Trap-Anreicherung und thermische Desorption	ja, Trink-, Oberflächenwasser	Bestimmung monocyclischer aromatischer und chlorierter aliphatischer Kohlenwasserstoffe nach Desorption durch GC-MS, GC-MS oder GC-ECD	10 ng/L, substanzabhängig		FBU	
	MTBE/ Naphthalin/ Methylnaphthalin	Eluate, Perkolate, Wässer	DIN EN ISO 17943 (10/2016)		nein, Perkolatgewinnung nach DIN 19528 nur für PAK validiert	Wasserbeschaffenheit: GC-Bestimmung leichtflüchtiger halogener Kohlenwasserstoffe mittels HS-SPME-GC-MS		für Elutions- und Perkolationsversuche ungeeignet; Ersatz für DIN 38407-41		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:)
	MTBE Naphthalin/ Methylnaphthalin	Wasser	DIN 38407-43 (10/2014)	statische HSGC-MS	ja	Bestimmung leichtflüchtiger organischer Verbindungen mittels statischer HSGC-MS			FBU	HBU
12	Naphthalin	Wässer	DIN 38407-9 (05/1994)	Dampf- raumanalyse (80 °C)	nein	Bestimmung von Benzol und eini- gen Derivaten in Wasser mittels GC durch Dampfraumana- lyse	> 5 µg/l	Norm zurückgezogen		VersatzV BBodSchV FM-BA HBU
	Naphthalin	Wasser	DIN EN ISO 15680 (04/2004)	Purge und Trap- Anreiche- rung und thermische Desorption	ja	Thermodesorp- tion GC-MS oder GC-ECD	10 ng/L, substanz- abhängig	nur für Naphthalin		FM-BA
13	Nonyl- phenol	Grund-, Ober- flächen-, Abwasser	DIN EN ISO 18857-1 (02/2007)	flüssig- flüssig- Extraktion mittels To- luol; GC-MS	ja, Trink-, Grund-, Oberflä- chen- wasser	GC-MS	Obflächen- wasser: 0,02 - 0,2 µg/l; Ab- wasser: 0,1 - 50 µg/l		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:)
14	PAK (inkl. Anthracen, Benzo(a)pyren und Naphthalin) Methylinaphthalin	Perkolat, Eluat	DIN 38407-39 (09/2011)	Eluat-/ Perkolatgewinnung nach DIN 19528 bzw. DIN 19529; flüssig-flüssig-Extraktion des Eluates mit Hexan oder Heptan/ Petrol-ether	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 (inkl. Anthracen und Benzo(a)pyren)	Perkolat	DIN EN ISO 17993 (03/2004)	Eluat-/ Perkolatgewinnung nach DIN 19528 bzw. DIN 19529; flüssig-flüssig-Extraktion des Eluates mit Hexan oder Heptan/ Petrol-ether	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	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:)
	PAK	Wässer	DIN 38407-8 (10/1995)	flüssig-flüssig-Extraktion mit Cyclohexan	ja	Bestimmung von 6 PAK in Wasser durch HPLC mit Fluoreszenzdetektion nach flüssig-flüssig-Extraktion	> 0,005 µg/l	Norm zurückgezogen		VersatzV BBodSchV HBU
15	PCB	Eluat, Perkolat	DIN 38407-37 (11/2013)	Eluat-/ Perkolatgewinnung nach DIN 19528 bzw. DIN 19529; flüssig-flüssig-Extraktion des Eluates mit Hexan oder Heptan/ Petrol-ether	nein, für Perkolatgewinnung nach DIN 19528 und ja, für DIN 19529	flüssig-flüssig-Extraktion mit einem unpolaren Lösungsmittel (z. B. Petrol-ether), GC-MS	0,005 µg/l	ersetzt DIN 38407-2	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:)
	PCB	Eluat	DIN 38407-3 (07/1987)	Eluatgewinnung nach DIN 38414-4 oder LAGA EW 98 T; flüssig-flüssig-Extraktion des Eluates mit Hexan oder Heptan/ Petrol-ether	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; Norm wurde zurückgezogen		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, Trink-, Oberflächen-, Abwasser	GC-ECD	1 bis 10 ng/l, substanzabhängig	GC-MS anwendbar mit geeigneten internen Standards; Norm wurde zurückgezogen		FM-BA HBU

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

Lfd. Nr.	Parameter	Materiale typ	Verfahren	Probenaufarbeitung	Validierung	Kurzbeschreibung	UAG der Norm	Leistungsgrenzen/ Bemerkungen	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
	PCB	Wässer	DIN EN ISO 6468 (02/1997)	Eluat-/ Perkolatgewinnung nach DIN 19528 bzw. DIN 19529; flüssig-flüssig-Extraktion des Eluates mit Hexan oder Heptan/ Petrol-ether	ja	GC-ECD Bestimmung ausgewählter Organochlorinsektizide, PCB und Chlorbenzole; GC-Verfahren nach flüssig-flüssig-Extraktion	1 ng/l - 10 ng/l			VersatzV BBodSchV HBU
	PCB	Mineralbläerzeugnis	DIN 51527-1 (05/1987)	Wasserabtrennung und Homogenisierung der Probe; Aufreinigung mittels Flüssigchromatographie	ja, für 6 PCB (PCB-28, 52, 101, 153, 138, 180)	GC-ECD		Norm wurde zurückgezogen		VersatzV BBodSchV 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:)
	PCB	Perkolat	DIN 38407-3 (07/1998)	Eluat-/ Perkolatgewinnung nach DIN 19528 bzw. DIN 19529; flüssig-flüssig-Extraktion des Eluates mit Hexan oder Heptan/ Petrol-ether	nein, für Perkolatgewinnung nach DIN 19528 (01/2009) und ja, für DIN 19529 (12/2015)	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		VersatzV BBodSchV FM-BA HBU
16	PCP	siehe Eintrag für Chlorphenole								FM-BA HBU
17	PFAS	Eluate, Perkolate, Wässer	DIN 38407-42 (03/2011)	fest-flüssig-Extraktion	nein, für Eluate/ Perkolate nach DIN 19529/ 19528; ja, für Wässer	HPLC-MS-MS	0,01 µg/l	die Norm beinhaltet insgesamt 10 Einzelverbindungen (weitere Verbindungen können im Einzelfall ebenfalls mit der Norm untersucht werden)	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:)
18	Pflanzenschutzmittelwirkstoffe	Perkolat, Eluat, Wässer	DIN EN ISO 11369 (11/1997)	Eluat-/ Perkolatgewinnung nach DIN 19528 bzw. DIN 19529; fest-flüssig-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-flüssigkeits-chromatographie mit UV-Detektion nach fest-flüssig Extraktion	1 µg/l	UV-absorbierendes Material in der Probe stört die Bestimmung; Schwebstoffe können die Säulenpackung verstopfen; einzuhalten-der Materialwert liegt deutlich unter der angegebenen UAG; kann wegen fehlender Validierung im Perkolationsversuch nicht empfohlen werden		HBU
	Pflanzenschutzmittelwirkstoffe	Perkolat, Eluat	DIN EN ISO 27108 (12/2013)	Eluat-/ Perkolatgewinnung nach DIN 19528 bzw. DIN 19529; 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 Perkolationsversuch nicht empfohlen werden		

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:)
	Pflanzenschutzmittelwirkstoffe	Perkolat, Eluat	DIN EN ISO 10695 (11/2000)			Bestimmung ausgewählter organischer Stickstoff- und Phosphorverbindungen mit gaschromatographischen Verfahren				
	Pflanzenschutzmittelwirkstoffe	Perkolat, Eluat	DIN 38407-36 (09/2014)	Eluat-/ Perkolatgewinnung nach DIN 19528 bzw. DIN 19529; LC-MS/MS nach Direktinjektion	nein, Perkolatgewinnung nach DIN 19528 nur für PAK validiert	Verfahren mittels Hochleistungsflüssigkeitschromatographie und massenspektrometrischer Detektion (HPLC-MS/MS bzw. -HRMS) nach Direktinjektion	0,025 µg/l		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:)
19	Phenole ²³	Perkolat, Eluat, Wässer	DIN 38407-27 (10/2012)		zur Analyse in Eluaten nach Elution gemäß DIN 19529 geeignet; für Perkolat 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); Parameterumfang der Einzelverbindungen in speziellen Einzelfällen, wie z. B. teerhaltiges Bodenmaterial nicht ausreichend	FBU, Forum-AU	FMA HBU
	Phenole ²³	Perkolat, Eluat, Wässer	ISO/DIS 8165-2 (01/1997) (07/1999)	flüssig-flüssig-Extraktion mit Diethylether und Derivatisierung (Acetylierung)	ja	GC-ECD oder GC-FID		1. 2 GC-Säulen unterschiedlicher Polarität; 2. GC-MS anwendbar mit geeigneten internen Standards		BBodSchV HBU FM-BA

²³ 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 ²³	Wässer	DIN EN 12673 (05/1999)	Proben in Glasflaschen randvoll füllen; Extraktion innerhalb von 2 Tagen, Lagerung bei max. 4 °C	ja	Bestimmung von Chlorphenolen mittels GC-ECD oder GC-MS nach Derivatisierung mit Acetanhydrid und Hexanextraktion	0,1 µg/l			FM-BA
20	STV	Grund-, Oberflächenwasser	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	für thermoinstabile bzw. polare STV nicht geeignet; hierfür ist die DIN EN ISO 22478 anzuwenden	FBU	HBU FM-BA
	STV	Wasser	DIN EN ISO 22478 (07/2006)	Festphasenanreicherung und Elution mit Methanol/ Acetonitril		HPLC-UV	0,05 - 0,5 µg/l, substanzabhängig	unter anderem geeignet für: 2,4,6-Trinitrotoluol, Hexyl, Hexogen und Nitropenta; Norm listet insgesamt 20 verschiedene STV auf	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:)
21	Tributylzinn/ Triphenylzinn	Sickerwasser	DIN EN ISO 17353 (11/2005)	Extraktion mit in situ-Derivatisierung (Natriumtetraethylborat)	ja, Trink-, Oberflächen-, Abwasser	Derivatisierung mittels NaB(Et) ₄ bei gleichzeitigem Stripping; Trennung und Detektion: GC-MS, GC-FPD oder GC-AED	10 - 1000 ng/l	Norm ersetzt DIN 38407-13	FBU	HBU
22	Vinylchlorid	Wässer	DIN EN ISO 17943 (10/2016)		nein	Wasserbeschaffenheit: GC-Best. leichtflüchtiger halogenierter Kohlenwasserstoffe mittels HS-SPME-GC-MS		für Elutions- und Perkolationsversuche ungeeignet; Perkolatgewinnung nach DIN 19528 nur für PAK validiert; Ersatz für DIN 38407-41		HBU

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 (11/1996) (06/1998)	Bestimmung von LHKW/BTEX	Anreicherungstechnik		FBU	BBodSchV FM-BA HBU
2	VDI 3865-4 (12/2000)	Bestimmung von LHKW/BTEX 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 (05/2019)	Deponiegasmessungen	Messen von Deponiegas - Messungen im Gaserfassungssystem	QS-Maßnahmen; Mess-/ Prüfberichte	Forum-AU	
2	VDI 3860-3 (11/2017)	Deponiegasmessungen	Messen von Deponiegas - Messen von Methan an der Deponieoberfläche mittels Sauglockenverfahren	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 Analysestrategien 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 Konventionen 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). Hinweise zur Summenbildung sind im Anhang III A.1.3 zu finden.

Die Parameter im Kap. II.4 „Allgemeine Parameter“ und 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 miterfasst. 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 miterfasst. Mit

der DIN 19539 können die Kohlenstofffraktion nach TOC_{400} , dem ROC und dem TIC_{900} differenziert werden. Der TOC_{400} stellt dabei den Elementar C freien organischen Kohlenstoff als Direktbestimmung dar. Der mit dem beschriebenen Verfahren bestimmte TOC_{400} -Gehalt von ausschließlich organisch-gebundenem Kohlenstoff in Feststoffen kann im Hinblick auf das Gefährdungspotential für eine Beseitigung und/oder Verwertung wichtig sein. Für die meisten Matrices ist die Summe aus dem TOC_{400} und dem ROC nach DIN 19539 mit dem Feststoff-TOC vergleichbar.

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 38414-18 (11/1989) (06/2019)	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 38414-18 ist gleich adsorbierte AOX im Gegensatz zu adsorbierbare AOX nach DIN EN 1485 (zurückgezogene Norm)		FMA AbfKlärV HBU
	AOX	Klärschlamm, Bioabfall, Boden	PV gemäß DIN 19747; Suspension mit Hilfe von Natriumnitratlösung; Schütteln mit Aktivkohle	DIN EN 16166 (11/2012) (08/2020)	Bestimmung von adsorbierbaren organisch gebundenen Halogenen (AOX); Verbrennung im Sauerstoffstrom; HCl-Bestimmung mittels Mikrocoulometrie	5 mg/kg		anwendbar für Klärschlamm; ungeeignet für Abfälle zur Verwertung/ Beseitigung		HBU AbfKlärV FMA

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:)
2	EOX	Fester Abfall		DIN 38414-17 (11/1989) (01/2017)	Bestimmung von extrahierbaren organisch gebundenen Halogenen		0,2 mg/kg	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	Forum-AU	LAGA M20 HBU
3	Extrahierbare lipophile Stoffe	Fester Abfall		LAGA-Mitteilung 35 (LAGA KW/04) Kap. 6.8 (01/2010) (09/2019)	Extraktion mit Petrolether; Gravimetrie			Prinzip der alten DIN 38409-56	Forum-AU	DepV FMA
4	Säureneutralisationskapazität	Fester Abfall		LAGA-Mitteilung 33 (EW 98) Teil 5 (EW 98 p) (11/2012) (09/2017)	Bestimmung der Eluierbarkeit mit wässrigen Medien bei konstantem pH-Wert			keine Werte in DepV, aber ist bei gefährlichen Abfällen zu bestimmen		DepV
5	Feststoff-TOC	Abfall, Schlamm, Sediment	Feinmahlung < 250 µm (DIN 19747)	DIN EN 13137 (12/2004)	Verbrennung bei mind. 900 °C im Sauerstoffstrom	1.000 mg/kg	1.000 mg/kg	Carbide und Elementar C werden miterfasst; Norm zurückgezogen	sollte ersetzt werden durch: DIN EN 15936	FM-BA HBU FMA
	Feststoff-TOC	Abfall, Schlamm, Sediment, Boden		DIN ISO 10694 (08/1996)	Verbrennung bei mind. 900 °C im Sauerstoffstrom	1.000 mg/kg		Carbide und Elementar C werden miterfasst; Norm zurückgezogen	sollte ersetzt werden durch: DIN EN 15936	VersatzV BBodSchV HBU FM-BA

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	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 miterfasst; neue Ausgabe für 2021 geplant	FBU, Forum-AU	FM-BA HBU DepV
6	Gesamtkohlenstoff (TOC ₄₀₀ ; ROC; TIC ₉₀₀)	Feststoffe	Feinmahlung < 250 µm (DIN 19747)	DIN 19539 (12/2016)	beschreibt zwei Methoden: selektive Verbrennung im O ₂ -Strom mit Temperaturgradienten; Temperaturbereiche: 150°C bis 400 °C (TOC ₄₀₀) 150 °C bis 900 °C (TC); in Methode A: 600 °C bis 900 °C (TIC ₉₀₀) 400 °C bis 600 °C (ROC); in Methode B: Pyrolytisch: 400 °C bis 900 °C (ROC) O ₂ -Strom 900 °C (TIC ₉₀₀)		0,1%C	TOC ₄₀₀ beschreibt den EC-freien TOC; TOC ₄₀₀ < TOC; Methode A ist u. a. für die Bestimmung des organischen Kohlenstoffgehaltes als TOC ₄₀₀ in Böden mit Carbonaten geeignet; Methode B ermöglicht eine bessere Differenzierung des Kohlenstoffs bei hohen TOC ₄₀₀ - und EC/ROC- sowie niedrigen Carbonat-Gehalten; in Methode B können Graphit und Carbide neben EC als ROC erfasst werden; verwendeter Temperaturgradient und Freisetzungsmethode (pyrolytisch oder oxidativ für ROC, TIC ₉₀₀) und die Thermogramme sind mitzuberichten	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	Phenolindex	Perkolat, Eluat		DIN 38409-16 (06/1984)	photometrisches Verfahren			mangelnde Selektivität der Verfahren bedingt durch zugrundeliegende Kupplungsreaktion; Methode aufgrund großer Leistungsschwächen nicht mehr anwenden; Bestimmung der neu definierten Phenole (Einzelkomponenten gemäß DIN 38407-27) berücksichtigen; Berichtigung 1:2018-12		DepV FMA HBU
	Phenolindex	Eluat		DIN 38409-16 Teil 1 (06/1984)	photometrisches Verfahren ohne Wasserdampfdestillation mit Chloroformextraktion			Anwendungsbereich nicht für Eluate/ Perkolate, da auf Trinkwasseranalytik ausgelegtes Verfahren; bei positiven Befunden sollte das Ergebnis nach Verfahren DIN 38409-16 Teil 2 überprüft werden		DepV FMA HBU

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 38409-16 Teil 2 (06/1984)	photometrisches Verfahren mit Wasserdampfdestillation und Chloroformextraktion	0,01 mg/l		niedrig belastete Wässer bis 150µg/L; störanfälliges Verfahren; nur für Voruntersuchungen geeignet	Forum-AU	LAGA M20 DepV FMA HBU
	Phenol-index	Eluat		DIN 38409-16 Teil 3 (06/1984)	photometrisches Verfahren mit Wasserdampfdestillation und ohne Chloroformextraktion	0,1 mg/l		mäßig belastete Wässer bis 10 mg/l; störanfälliges Verfahren; nur für Voruntersuchungen geeignet		DepV FMA HBU
	Phenol-index	Eluat		DIN EN ISO 14402 (12/1999)	Fließinjektionsanalyse (FIA bzw. CFA)	0,01 mg/l		störanfälliges Verfahren; nur für Voruntersuchungen geeignet	Forum-AU	LAGA-M20 DepV FMA
2	DOC zwischen pH 7,5 und 8	Eluat		DIN EN 1484 (08/1997) (04/2019)	Filtration < 0,45 µm; Elutionsverfahren sind nicht für DOC validiert			Elution gemäß LAGA EW98p; DOC-Bestimmung gemäß DIN EN 1484 nach vorheriger Filtration < 0,45 µm		DepV HBU FMA
3	DOC	Eluat		DIN EN 1484 (08/1997) (04/2019)	Oxidation zu Kohlendioxid; Detektion z. B. mit IR-Spektroskopie	0,3 mg/l		ersetzt DIN 38409-3	Forum-AU	DepV LAGA M20 FMA HBU
4	AOX	Eluat		DIN EN 1485 (11/1996)	Bestimmung adsorbierbarer organisch gebundener Halogene (AOX)			Norm zurückgezogen		LAGA M20

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:)
	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	

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 ± 2 °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 4 mm 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 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 FMA HBU
2	Gasbildungspotential (GB ₂₁)	Abfall, Schlämme		DIN 38414-8 (06/1985) präzisiert durch Anhang 4 Nr. 3.3.2 DepV	Bestimmung der Gasbildung (CH ₄ -Bildung) erfolgt an einer mit Impfschlamm versetzten Probe bei 37 °C nach Durchlaufen der Lag-Phase; Versuchsdauer beträgt 21 Tage			Materialien mit niedrigen assimilierbaren C _{org.} -Gehalten; inhibierend wirkende Inhaltsstoffe; 3 Parallelversuche erforderlich		DepV FMA
3	Faulverhalten	Schlamm, Abfall		DIN 38414-8 (06/1985)	Gärtetest; Bestimmung des Faulverhaltens von Schlämmen			Bestimmung des abbaubaren organischen Kohlenstoffs; Die in der Norm erwähnte Verwendung von Eudiometern ist zu vermeiden. Der Einsatz von MilliGas-Countern hat deutliche Vorteile im Bereich der Datenerfassung und -dokumentation, des Platzbedarfs und der Handhabung durch das Laborpersonal.	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.9.3. 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 Terrestische 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 11268-1 (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)	mindestens eine monokotyle und eine 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 Terrestische 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 wasserelutierbaren 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 biologischen 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	Verdünnungsmedium	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 ≤ 10%; O ₂ -Konzentration ≥ 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 – Süßwasseralgennachstumshemmtest 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 ≤ 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 und -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 und G-Stufe ≤ 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

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

Lfd. Nr.	Testmethode	Norm	Testorganismus	Zu Prüfende Kenngröße	Verdünnungsmedium	Validitätskriterien	Referenztestung	Einschränkungen
4	Wasserbeschaffenheit – Bestimmung des erbgutverändernden Potentials in Wasser und Abwasser mittels umu-Test	ISO 13829 (03/2000) oder DIN 38415-3 (12/1996)	<i>Salmonella typhimurium TA 1535/ psK1002</i>	Geninduktion	Nährmedium (TGA)	Mindestwachstum der Negativkontrolle = 140 FNU; Wachstumsfaktoren $\geq 0,5$ IR (Referenz) ≥ 2	4-Nitro-quinolin-N-Oxid, 2-Amino-anthracen	Anwendung in gefärbten, getrübbten oder stark salzhaltigen Eluaten eingeschränkt
5	Wasserbeschaffenheit – Bestimmung der toxischen Wirkung von Wasserinhaltsstoffen und Abwasser gegenüber Wasserlinsen (Lemmaminor)-Wasserlinsen	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 (Steinbergmedium)	3,5-Dichlorphenol	alternativer Pflanzenwachstumstest bei stark getrübbten oder gefärbten Eluaten; bei Wachstum in Steinberg-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.

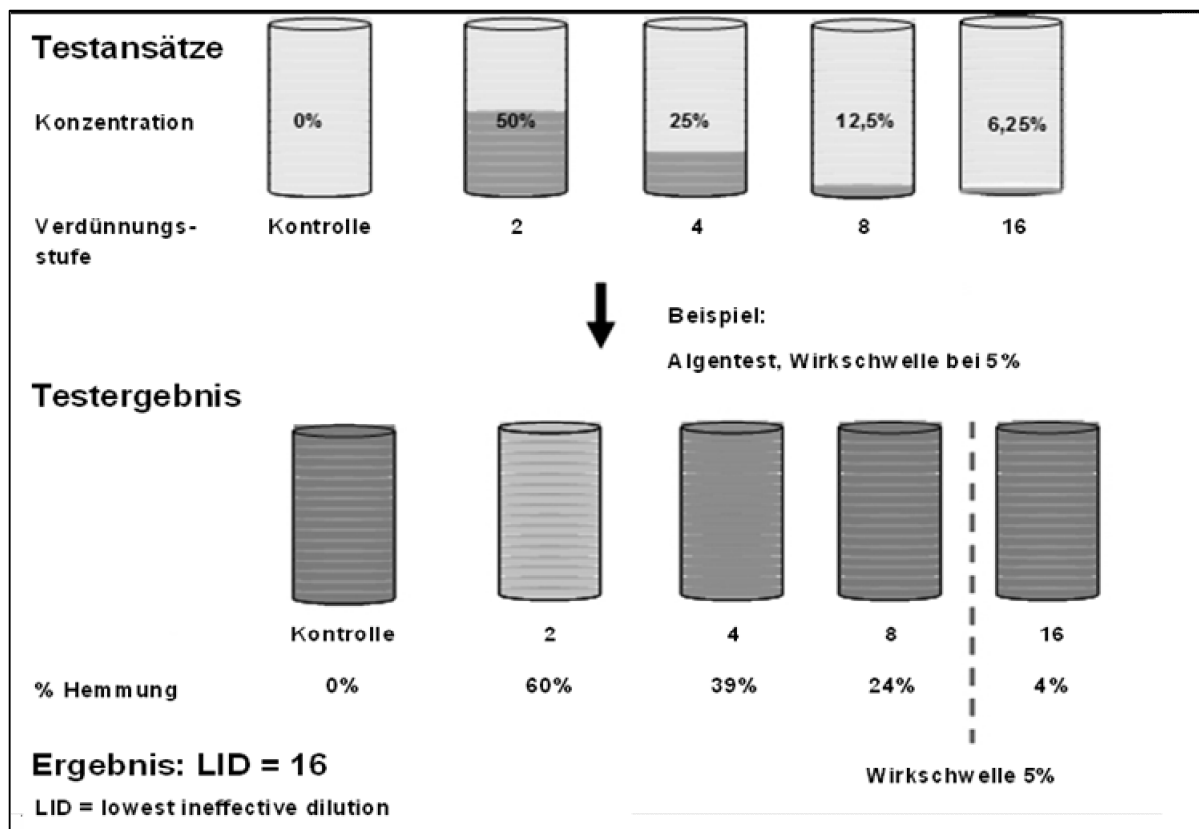


Abb. II.9.5;1 Ermittlung des Testergebnisses im Biotest

II.10 Ergebnisunsicherheit

Schwankungen von Untersuchungsergebnissen an Feststoffproben sind nach aktuellen Erkenntnissen im Wesentlichen ein Resultat der Verteilung von Prüfmerkmalen (Schadstoffen) an Partikeln. Dieses Phänomen wird als Fundamentalvariabilität bezeichnet und unterscheidet sich daher in seiner Auswirkung wesentlich von der Ergebnisunsicherheit in der Wasser- oder Gasanalytik. Zahlreiche systematische Untersuchungen von LAGA-LFP-Vorhaben²⁴ und Arbeitsergebnissen des FBU^{25, 26} haben dieses hinreichend belegt.

Die novellierte Qualitätssicherungsnorm DIN EN ISO/IEC 17025 von März 2018 verlangt die Einbeziehung der Schwankung der Probenahme in die zu ermittelnde und anzugebene (Gesamt) Ergebnisunsicherheit. Eine Definition für die Ergebnisunsicherheit findet sich in Kapitel III A.1.1.

Zahlreiche LAGA-LFP-Vorhaben haben gezeigt, dass der Einfluss der Materialgewinnungs- und -präparationsschritte hauptursächlich für den überwiegenden Teil der Ergebnisunsicherheit verantwortlich ist.

Neben den erforderlichen Probenahmeschritten liefern insbesondere die Techniken der mechanischen Probenvorbereitung einen Hauptbeitrag zur Ergebnisvariabilität, da auf dem Weg von der Feld- über die Labor- bis hin zur Analysenprobe zahlreiche Verjüngungs-, Zerkleinerungs- und Teilungsschritte erfolgen.

Die Qualitätssicherungs- und -kontrollmaßnahmen der DIN EN ISO/IEC 17025 dienen der Identifizierung defizitärer Arbeitsschritte und der Minimierung von systemisch bedingten Ergebnisschwankungen.

Um den Gegebenheiten der Fundamentalvariabilität und dem Sachverhalt der sich fortpflanzenden Ergebnisschwankungen Rechnung zu tragen ist ein ganzheitlicher Ansatz zur Ermittlung der Gesamtergebnisvariabilität erforderlich, der es erlaubt, Ergebnisse einschließlich seiner Streuungen über den Gesamtprozess auch in der Nähe von Beurteilungsgrenzen (Grenzwerten etc.) zu beurteilen. Hierfür wird ein vom Forum-AU erarbeiteter und validierter Ansatz in Abschnitt II.11 der Methosa FU beschrieben, der auch für Bodenuntersuchungen herangezogen werden kann, da er auf Ansätzen, die ursprünglich aus dem FBU stammen, beruht.

²⁴ S. Uhlig, K. Hettwer; Abschlussbericht LFP-Vorhaben L1.17 - Prüfung der Arbeitsabläufe Probenahme(PN), Probenvorbereitung (PV), Analytik und QS-Maßnahmen; 2018.

²⁵ S. Uhlig, H. Baldauf, K. Hettwer, K. Simon, F. Küchler; Handlungsanleitung zum Umgang mit der Ergebnisunsicherheit bei der Über- und Unterschreitung von Prüf- und Maßnahmenwerten für den Vollzug der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung; UBA Texte 84/2020; 2020.

²⁶ S. Uhlig, K. Hettwer, K. Simon, K. Terytze; Weiterentwicklung und Aktualisierung der Methodik zur Ermittlung der Ergebnisunsicherheit auf der Grundlage der durchgeführten Ringuntersuchungen für den Vollzug der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung; UBA Texte 56/2021; 2021.

II.10.1 **Angabe von Analyseergebnissen und Messunsicherheiten**

Boden- und Altlastenuntersuchungen

Die allgemeine Messunsicherheit als Teil der Ergebnisunsicherheit ist bei chemischen Bodenuntersuchungen für den Vollzug der Bundes-Bodenschutz- und -Altlastenverordnung entsprechend dem Papier des Fachbeirates Bodenuntersuchungen (FBU) des BMU vom März 2008²⁷ anzugeben.

²⁷ „Angabe der Messunsicherheit bei chemischen Bodenuntersuchungen für den Vollzug der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung“, FBU Arbeitsgruppe „Qualitätssicherung und Ergebnisunsicherheit für Bodenuntersuchungsverfahren“, Umweltbundesamt Dessau-Roßlau, März 2008.

Tab.II.10.1 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
	Messunsicherheit	DIN 1319-4 (12/1985) (02/1999)				BBodSchV
	Messunsicherheit	DIN 1319-4 (02/1999)			FBU	HBU
	Messunsicherheit	DIN ISO 11352 (03/2013)			FBU	HBU
	Messunsicherheit	DIN 38402-51 (11/2012) (05/2017)	Wasser	ausschließlich für die Ermittlung der Messunsi- cherheit von Wasserana- lysen geeignet (z. B. Grund-, Sickerwasser)		HBU
	Messunsicherheit	DIN 38402-60 (12/2013)	Wasser			AbfKlärV HBU

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 PN 98,
- Erhalt der Verteilung der Ausprägung der Merkmale des Haufwerks bei der Gewinnung der Laborproben.

Ein Grenzwert²⁸ gilt als eingehalten, wenn die obigen Voraussetzungen und mindestens eine der nachfolgenden Bedingungen erfüllt sind:

- **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).**

²⁸ 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:

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

<i>LP</i>	Laborprobe
<i>n</i>	Anzahl der LP der beprobten Grundmenge
<i>M</i>	Mittelwert aus <i>n</i> Einzelwerten der Analyse der <i>n</i> LP
<i>S_{LP}</i>	Standardabweichung der <i>n</i> Einzelwerte der Analyse von <i>n</i> LP (sie schließt die Innerlabor-Standardabweichung mit ein)
$\frac{S_{LP}}{\sqrt{n}}$	Standardabweichung des Mittelwertes der Analyse von <i>n</i> LP
$M \pm 1,65 \cdot \frac{S_{LP}}{\sqrt{n}}$	1,65-fache Standardabweichung des Mittelwertes der Analyse von <i>n</i> 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).	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	<p>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.</p> <p>Der Beurteilungsansatz basiert jedoch auf den Voraussetzungen, dass</p> <ul style="list-style-type: none"> – 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. <p>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.</p>	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 Qualitätssicherung

Untersuchungsstellen, die in den gesetzlich geregelten Umweltbereichen Abfall und Boden/Altlasten tätig sind, müssen bestimmte Anforderungen, wie erforderliche Fachkunde, Unabhängigkeit, Zuverlässigkeit und gerätetechnische Ausstattung, erfüllen. Nach den abfallrechtlichen Verordnungen - AbfKlärV, BioAbfV, AltholzV - dürfen Untersuchungen nur von notifizierten Untersuchungsstellen durchgeführt werden. Das Verwaltungsverfahren zur Notifizierung²⁹ wird dabei von der zuständigen Stelle des Landes durchgeführt, in dem die Untersuchungsstelle ihren Geschäftssitz hat. Im Rahmen dieses Notifizierungsverfahrens muss die Untersuchungsstelle den Nachweis zur Erfüllung o. g. Anforderungen erbringen.

Die Anforderungen an die erforderliche Fachkunde und die gerätetechnische Ausstattung sind erfüllt, wenn der Kompetenznachweis nach DIN EN ISO/IEC 17025 für die von der Untersuchungsstelle beantragten Untersuchungsbereiche erbracht ist. Der Kompetenznachweis muss dabei auch den Anforderungen des jeweiligen Fachmoduls entsprechen. Der Kompetenznachweis resultiert in der Regel aus einer fachmodulkonformen Akkreditierung³⁰ durch die Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH (DAkkS).

Im Hinblick auf die Umsetzung des § 4 der Verwaltungsvereinbarung über den Kompetenznachweis und die Notifizierung von Prüflaboratorien und Messstellen im gesetzlich geregelten Umweltbereich (beschlossen von der 51. UMK am 19./20.11.1998, in Kraft getreten am 16.01.2001) enthalten die Fachmodule Abfall und Boden/Altlasten notwendige Regelungen zur Durchführung des Notifizierungsverfahrens sowie Anforderungen an die Kompetenz von Untersuchungsstellen und deren Nachweis.

Die Fachmodule dienen dem einheitlichen Handeln der Länder und wurden durch die DAkkS als sektorale Regelungen anerkannt. Ein wichtiger Teil der Module sind die in Tabellen zusammengefassten Untersuchungsbereiche mit entsprechenden Untersuchungsverfahren und Parametern resultierend aus den zugrundeliegenden gesetzlichen Regelungen. Dabei werden im Fachmodul Abfall neben den vom Gesetzgeber vorgegebenen Verfahren auch Verfahren genannt, die von den Länderbehörden als gleichwertig anerkannt werden (s. a. Kapitel I.3). Notifizierte Untersuchungsstellen sind verpflichtet, regelmäßig an den von der zuständigen Länderstelle vorgeschriebenen Ringversuchen teilzunehmen. Dabei sind ausschließlich notifizierte Verfahren durch die Untersuchungsstelle anzuwenden. Mit einer erfolgreichen Ringversuchsteilnahme erbringt eine notifizierte Untersuchungsstelle ihren Nachweis zur Aufrechterhaltung einer hohen Analysenqualität.

²⁹ Notifizierung ist der Verwaltungsakt der jeweils zuständigen Landesbehörde zur Anerkennung, Zulassung, Benennung oder Bekanntgabe der Prüflaboratorien und Messstellen nach den jeweils geltenden gesetzlichen Bestimmungen.

³⁰ Akkreditierung ist die formelle Anerkennung der Kompetenz eines Prüflaboratoriums oder einer Messstelle durch die DAkkS, bestimmte Prüfungen oder Prüfungsarten auszuführen. Dabei müssen die erforderlichen materiellen Anforderungen nach DIN EN ISO/IEC 17025 in der jeweils geltenden Fassung erfüllt sein.

Tab.II.12 Qualitätssicherung

Lfd. Nr.	Verfahren	Kurzbeschreibung	Fachliche Beurteilung	Regelwerk/ Regelungen (zitiert in:)
1	DIN EN ISO/IEC 17025 (04/2000) (08/2005) (03/2018)	Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien; bildet die Grundlage für die Notifizierung und Akkreditierung; enthält grundlegende Anforderungen an Laboratorien um kompetent zu arbeiten und valide Ergebnisse zu sichern; gilt für Probenahme und Analytik	FBU, Forum-AU	DepV AbfKlärV BioAbfV AltholzV AltölV
2	DIN EN ISO/IEC 17020 (07/2012)	Konformitätsbewertung – Anforderungen an den Betrieb verschiedener Typen von Stellen die Inspektionen durchführen; gilt sowohl für die Probenahme als auch für gutachterliche Leistungen	FBU	
3	DIN EN ISO/IEC 17065 (01/2013)	Konformitätsbewertung – Anforderungen an Stellen, die Produkte, Prozesse und Dienstleistungen zertifizieren		
4	DIN EN ISO 17034 (04/2017)	Anforderungen an die Kompetenz von Referenzmaterialherstellern (Ringversuchsausrichtern)		

II.12.1 Qualitätsgesicherte Interpretation von Analyseergebnissen

Einleitung

In einem Gutachten erfolgt die Dokumentation und Beurteilung der durchgeführten Untersuchungen und der erhaltenen Analyseergebnisse. Gutachten bzw. Analyseergebnisse werden von Auftraggebern oder Behördenmitarbeitern gemeinhin genutzt, um auch weitreichende Entscheidungen zu treffen. Für die Entscheidungsfindung ist sicherzustellen, dass die Untersuchungsergebnisse die richtige Qualität aufweisen. Die Analyseergebnisse sind ein wesentlicher Bestandteil eines Gutachtens und werden in einer übersichtlichen Form dargestellt. Diese Ergebnisse 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 usw. in geeigneter Form im Gutachten zu dokumentieren.

Aktuell ist die Sensibilität bei Auftraggebern, Behörden und Gutachtern zum Stellenwert von Probenahmeplan, Probenahmeprotokoll und Laborprobenbegleitprotokoll meist wenig ausgeprägt. Die im Folgenden dokumentierte Entscheidungshilfe zur qualitätsgesicherten Interpretation von Analyseergebnissen soll den Behörden aber auch den Auftraggebern helfen, mit einfachen Mitteln zu erkennen, wie belastbar ein vorgelegter Messwert ist.

Eine Bewertung von (Labor-)Prüfberichten kann hinsichtlich der Erfüllung der Forderungen der DIN EN ISO/IEC 17025 erfolgen. Fachlich kann eine Prüfung der zur Untersuchung verwendeten Analysenverfahren durch Vergleich mit gesetzlichen Vorgaben und den Empfehlungen dieser Methodensammlung erfolgen.

Qualitätsstufen für die Interpretation von Analyseergebnissen

Die Bewertung eines Analyseergebnisses soll die Ermittlung und Beurteilung des Grades der Erfüllung vorgegebener Zielvorstellungen für das zu untersuchende Bewertungsobjekt darstellen. Dabei ist zu bewerten, ob die einschlägigen sowie die im Einzelfall konkret vereinbarten Qualitätsanforderungen erfüllt sind. In einem ersten Schritt kann hier nach den nachfolgenden Tabellen (**II.12.1;1** und **II.12.1;2**) eine Vollständigkeitsprüfung erfolgen. Die inhaltliche Prüfung wird in dieser Methodensammlung nicht behandelt. In Anlehnung an Ratingskalen, die im Rahmen von Bonitätsprüfungen verbreitet sind, werden bei der Vollständigkeitsprüfung folgende **Qualitätsstufen** unterschieden:

Qualitätsstufe A

Ein Untersuchungsergebnis mit der Qualitätsstufe A besitzt eine hohe Aussagekraft im Hinblick auf die konkrete Fragestellung und Belastbarkeit der Analysenergebnisse.

Qualitätsstufe B

Untersuchungsergebnisse mit der Qualitätsstufe B zeichnen sich durch eine durchschnittliche Belastbarkeit der Analysenergebnisse aus. Bei solchen Untersuchungsergebnissen können z. B. Analysenergebnisse von den „tatsächlichen“ Werten erheblich abweichen, wenn Basisinformationen aus Laborprobenbegleitprotokollen oder Laborprüfberichten im vorgelegten Bericht nicht dokumentiert oder berücksichtigt wurden. Es ist dann z. B. unklar, ob die Gesamtprobe oder nur das Feinmaterial untersucht wurde oder welche Analyseverfahren konkret vom Labor verwendet wurden.

Qualitätsstufe C

Bei Untersuchungsergebnissen mit der Qualitätsstufe C besteht die Gefahr, dass an der falschen Stelle, mit defizitären Methoden oder auf die falschen Parameter untersucht wurde. Das Analyseergebnis stellt lediglich eine Möglichkeit dar und ist oftmals als Zufallsbefund zu werten. Die Analyseergebnisse sind **nicht belastbar bzw. bewertbar**, wenn in einem Bericht 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 dabei in keinem Verhältnis zu den eingesparten Gutachterkosten.

Auftraggeber und Behörden, die bereit sind, ein Untersuchungsergebnis der Stufe C zu akzeptieren, gehen ein hohes Risiko ein. Derartige Berichte können nur dann für Entscheidungen herangezogen werden, wenn die fehlenden Informationen noch ergänzt werden können.

Tab.II.12.1;1 Checkliste - Vollständigkeitsprüfung von Untersuchungsergebnissen zur Abfalleinstufung

Gutachten:

Autor:

Datum:

	Bestandteile des Untersuchungsergebnisses	vorhanden	nicht vorhanden → resultierende Qualitätsstufe	Bemerkungen
1	Veranlassung/Fragestellung/Untersuchungsziel	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> → 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	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> → C	
3	Differenzierung der Probenahmestrategie (z. B. stoffliche Charakterisierung/Hot-Spot/Qualitätssicherung)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> → B	
4	Probenahmeplan: Festlegung der Parameter und Analysemethoden anhand des Entsorgungszieles (z. B. DepV, LAGA), maßstäblicher Lageplan, Anzahl, Art und Menge der Proben, Festlegung der Beprobungsstellen, Festlegung von Probenvorbehandlung, ggf. Fraktionen, Probenbehältern	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> → C (Bei Probenahme durch Sachkundigen)	Wenn der Fachkundige die Probe nimmt, können diese Punkte auch im Rahmen des Probenahmeprotokolls dokumentiert werden.
5	Probenahmeprotokoll: Sorgfältige Beschreibung von Grundgesamtheit und Probe. Wurden alle relevanten Punkte, die nach LAGA PN 98 gefordert werden, dokumentiert? Dokumentation von Abweichungen zum Probenahmeplan	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> → C	
6	Laborprobenbegleitprotokoll nach DIN 19747*	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> → C	
7	Dokumentation der Stabilisierung der Proben, korrekte Lagerung/Kühlung*	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> → B bis C	
8	Prüfberichte des Labors	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> → C	
9	Beurteilung der Messergebnisse	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> → B bis C	
10	Anwendung der grün gelisteten Verfahren der Methodensammlung Feststoffuntersuchung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> → B bis C	sofern keine hinreichende Begründung vorliegt

* 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 Untersuchungsergebnis.

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

Hinweise auf grundsätzlich falsche Vorgehensweisen liegen vor. **Ergebnisse sind nicht bewertbar.**

Tab.II.12.1;2 Checkliste zur Vollständigkeitsprüfung von Untersuchungsergebnissen bei der Gefährdungsabschätzung von alllastverdächtigen 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	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> → B	
2	Informationen zur Fläche sind dargestellt, z. B. - zum grundsätzlichen Belastungsverdacht - zum Belastungsszenario und der Flächennutzung - zu Boden- und Schadstoffeigenschaften	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> → C	
3	Probenahme-strategie ist dargelegt - was soll wie und warum durch die Probenahme charakterisiert werden - welche Qualität wird angestrebt - Analysenplanung (Parameter, Verfahren, Qualität)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> → B	Ggf. kann der Probenahmeplan bereits in die Strategie eingearbeitet sein.
4	Probenahmeplan - Lageplan und Festlegung der Probenahmeorte - Hinweise zur Entnahme der Proben (Art und Weise) - Probenvorbehandlung, -menge, -behälter, -transport unter Berücksichtigung der Analysenplanung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> → C	Ggf. kann der Probenahmeplan bzw. Änderungen aufgrund der Gegebenheiten vor Ort in das Probenahmeprotokoll integriert sein.
5	Probenahme-protokoll	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> → C	Richtiger Ort? Richtiges Haufwerk?
6	Laborprobenbegleitprotokoll	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> → B	sofern die Informationen nicht plausibel auf anderem Wege dargestellt sind
7	Dokumentation der Stabilisierung der Proben, korrekte Lagerung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> → B bis C	Das Nicht -Überführen von Untersuchungsmaterial in Methanol beim Umgang mit LHKW- und BTEX-haltigen Proben führt zur Abwertung nach C !
8	Prüfberichte des Labors	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> → C	
9	Bewertung der Messergebnisse unter Berücksichtigung der Messunsicherheit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> → B	Wenn Angaben zur Messunsicherheit und Kenngrößen des Messverfahrens fehlen, kann nur Stufe B erreicht werden.
10	Anwendung der grün gelisteten Verfahren der Methodensammlung Feststoffuntersuchung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> → B bis C	sofern keine hinreichende Begründung erfolgt

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 Untersuchungsergebnis, 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 bzw. Bestandteil und nicht von den Begleitsubstanzen (Matrix) hervorgerufen wird.

Beispiel: Bei der photometrischen Untersuchung wässriger Proben auf Chromat bzw. 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 den 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.

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.

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.

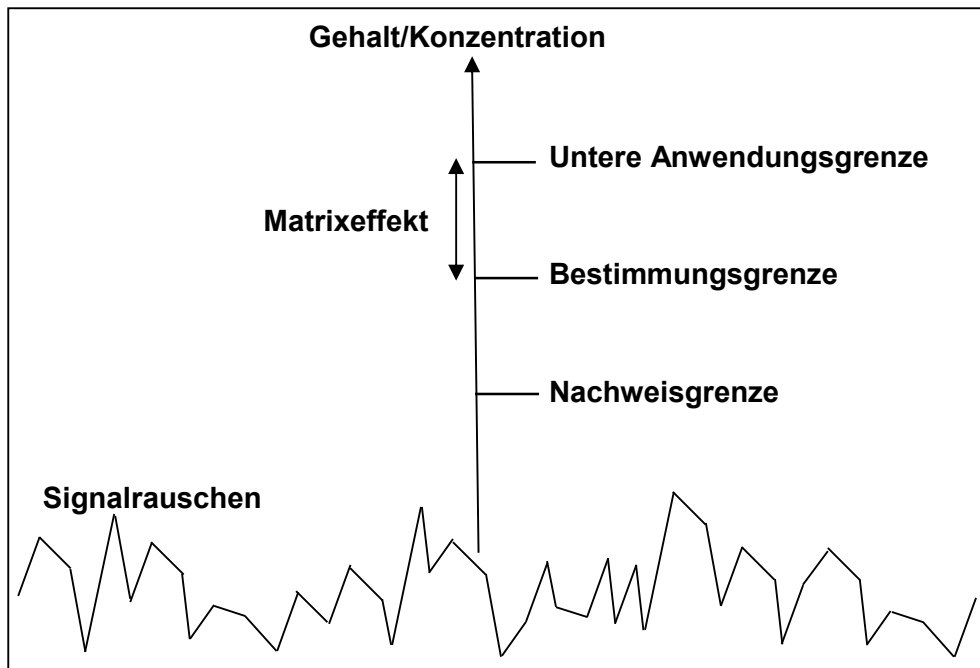


Abb. III A.1.1;1 Graphische Erläuterung der Begrifflichkeiten Nachweisgrenze, Bestimmungsgrenze und untere Anwendungsgrenze

Ergebnisunsicherheit³¹

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 und Probenaufbereitung sowie
- das angewandte Mess- bzw. 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. Abbildung III A.1.1;2).

³¹ 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.

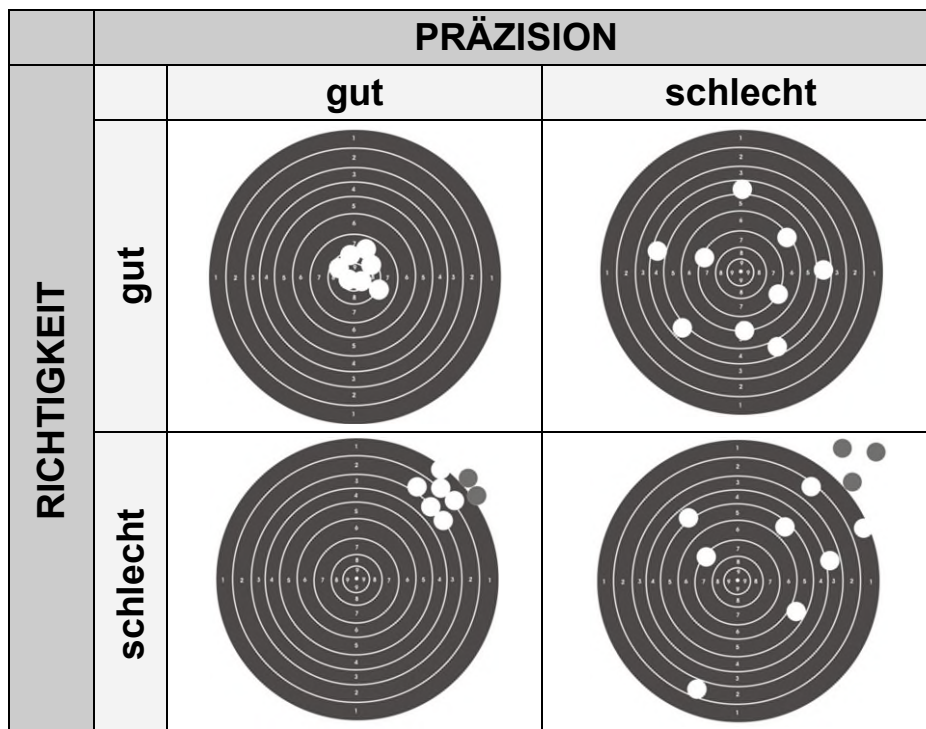


Abb. III A.1.1;2 Schießscheibenmodell zur Verdeutlichung der Begriffe Präzision und Richtigkeit

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 (ISO) Rahmen erarbeitet. Der Werdegang der Normung und der Stellenwert sind in Abbildung III A.1.2;1 dargestellt.

Im nationalen Bereich besitzen für abfallbezogene Fragestellungen die LAGA-Richtlinien besondere Bedeutung. Deren Werdegang ist in Abbildung 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.

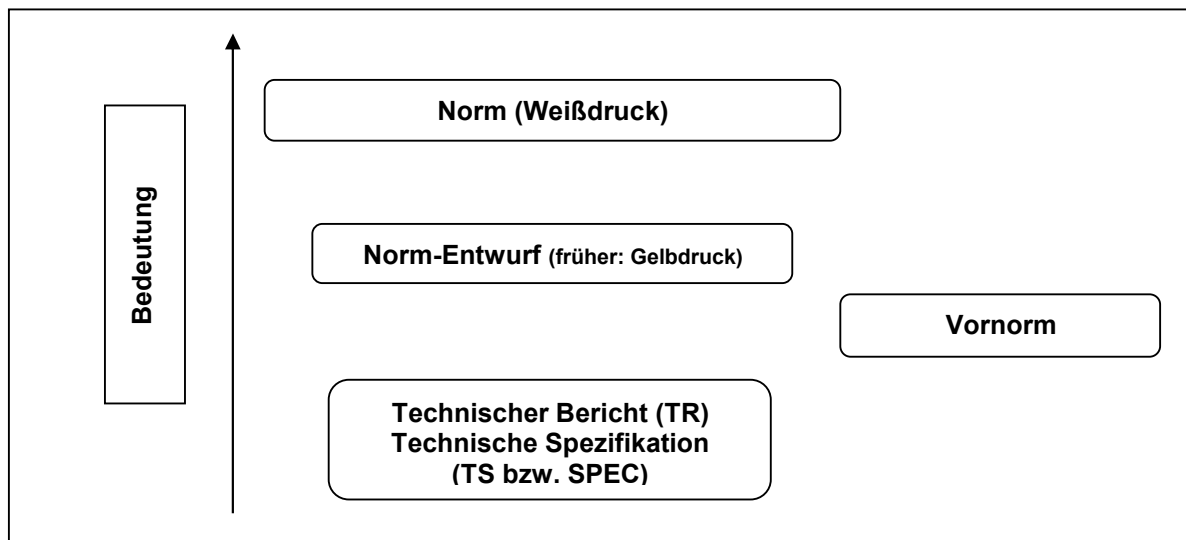


Abb. III A.1.2;1 Hierarchie von Normen

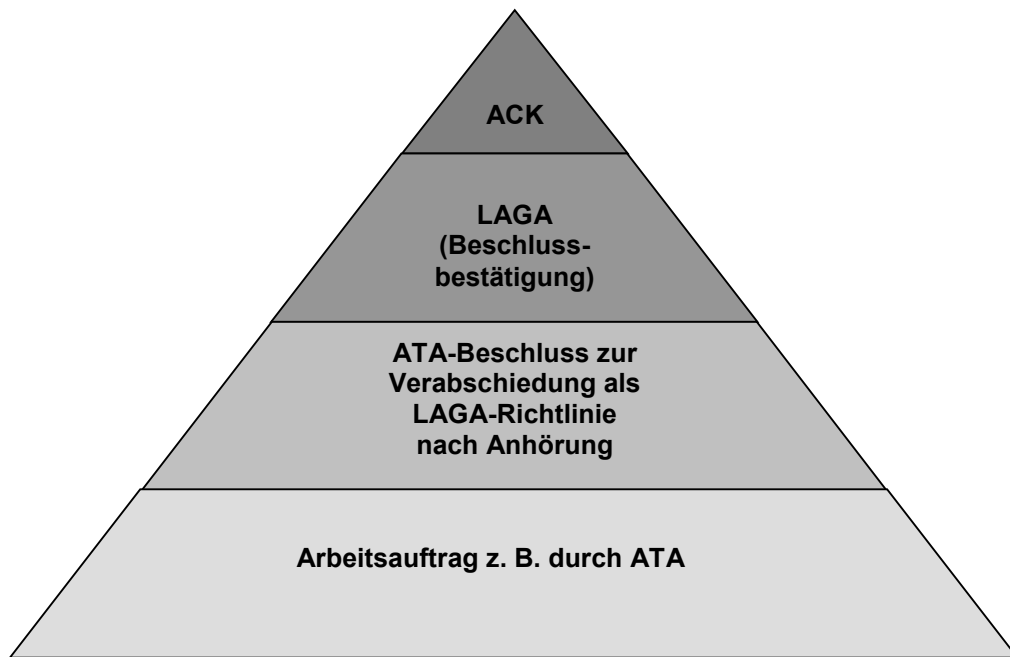


Abb. III A.1.2;2 Werdegang einer LAGA-Richtlinie

Die LAGA erarbeitet Richtlinien, Technische Regeln und Merkblätter (Mitteilungen) zur Abfalluntersuchung für die Vollzugspraxis. Die Erarbeitung erfolgt z. B. auf Beschluss des Abfalltechnik-Ausschusses (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.

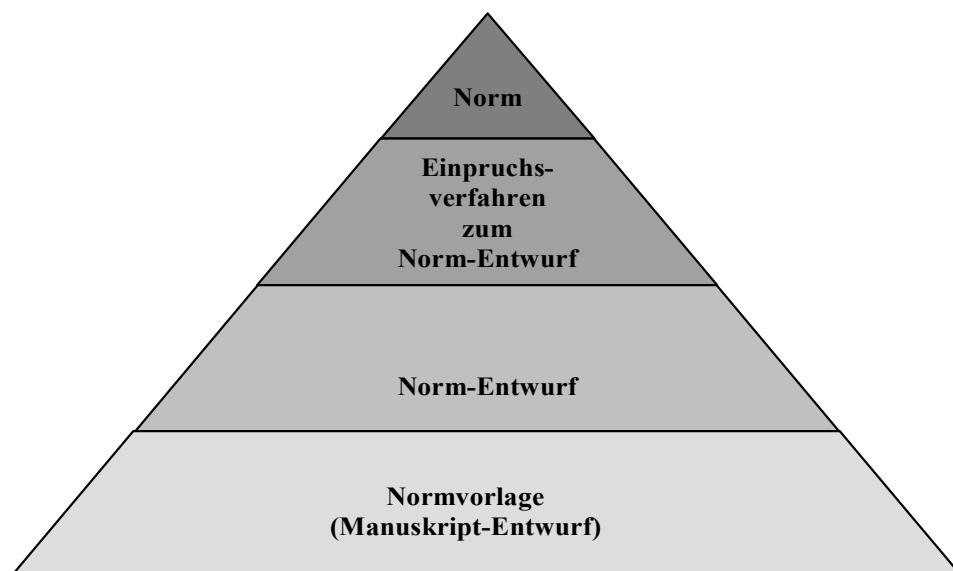


Abb. III A.1.2;3 Werdegang einer Norm

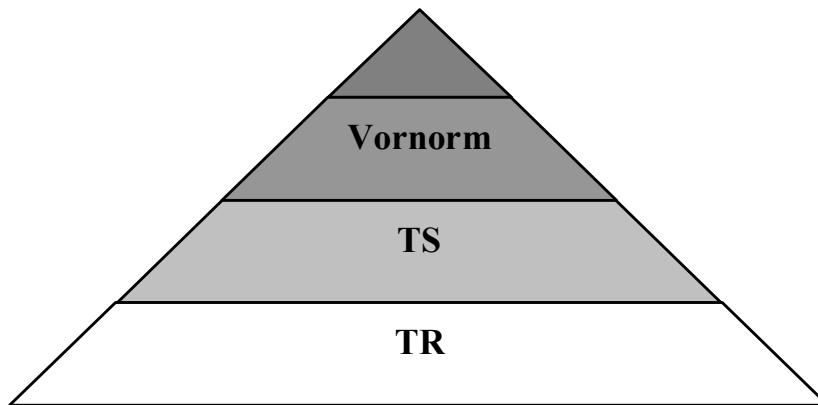


Abb. III A.1.2;4 Pränormative Dokumente und technische Berichte

Den Werdegang einer Norm vom Manuskript-Entwurf bis zur verabschiedeten Norm ist in Abbildung III A.1.2;3 dargestellt. Außer den „klassischen Normen“ existieren noch sogenannte 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. Abbildung III A.1.2;4).

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

Es gibt bisher nur wenige Analysenverfahren, die explizit für die Untersuchung von Abfällen entwickelt und validiert wurden. Auf europäischer Ebene werden zwar derzeit vermehrt Analysenverfahren 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:

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 Analyseergebnissen sind DIN EN ISO/IEC 17025 (03/2018) und DIN 38402 (09/2011). 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, Mischproben, Sammelproben, Laborproben, Parallelproben und Rückstellproben)
- 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	Analyseverfahren	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. zwei signifikante Stellen) legt fest, bis zu wie vielen Stellen ein Analyseergebnis angegeben werden darf. In der Regel wird die erweiterte Messunsicherheit mit $k = 2$ der Rundung zu Grunde gelegt.

Beispiel: Angabe der Analyseergebnisse mit Messunsicherheit ($k = 2$)

richtig: Cadmium: 5,32 mg/kg \pm 0,45 mg/kg

falsch: Cadmium: 5,623 mg/kg \pm 0,73 mg/kg

richtig: Blei: 5,6 mg/kg \pm 0,7 mg/kg

falsch: Blei: 5,6 mg/kg \pm 0,734 mg/kg

Angabe von Analyseergebnissen 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. Für den Vollzug ist das Verfahren der Untergrenze (lower limit) ausreichend. Sollten alle in die Summe eingehenden Analyten unter der entsprechenden

Bestimmungsgrenze liegen, so kann die Summe hier mit „n.b.“ ausgewiesen werden, im Falle von einzelnen Analytgehalten oberhalb der Bestimmungsgrenze werden diese in der Summe berücksichtigt und die Gehalte unterhalb der Bestimmungsgrenze jeweils nicht in der Summation berücksichtigt. Zur Beurteilung in Bereichen nahe von Grenz-, Richt- und Maßnahmewerten kann eine Betrachtung im Sinne der Obergrenze (upper limit) zur Klärung der Entscheidung beitragen.

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	n.n. bis <1,2

III A.2 Nutzungs- und Wirkungspfadspezifische Feststoffprobenahmeregeln³²

III A.2.1 Nutzungsorientierte Beprobungstiefe für Untersuchungen des Wirkungspfades Boden-Mensch und Boden-Nutzpflanze

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
<p>¹⁾ Kontaktbereich für orale und dermale Schadstoffaufnahme, zusätzlich 0-2 cm bei Relevanz des inhalativen Aufnahmepfades (dann getrennte Analyse der für die Staubbildung relevanten Feinfraktion bis 63 µm)</p> <p>²⁾ durchschnittliche Mächtigkeit aufgebracht Bodenschichten; zugleich max. von Kindern erreichbare Tiefe</p> <p>³⁾ bei abweichender Mächtigkeit des Bearbeitungshorizontes bis zur Untergrenze des Bearbeitungshorizontes</p> <p>⁴⁾ bei abweichender Mächtigkeit des Hauptwurzelbereiches bis zur Untergrenze des Bearbeitungshorizontes</p>		

³² s. a. Nr. 2.1 Anhang 1 der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV)

III A.2.2 Wirkungspfadorientierte Probenahme für die Pfade Boden-Mensch, Boden-Nutzpflanze und Boden-Grundwasser

Wirkungspfadorientierte Probenahme (Beprobungsfläche bzw. Tiefe und Mindestprobenanzahl)	
Wirkungspfad	Flächengröße [ha] und Probenanzahl
Boden-Nutzpflanze	<p>Bei annähernd gleichmäßiger Bodenbeschaffenheit und Schadstoffverteilung sind zur Beurteilung des Wirkungspfades Boden-Nutzpflanze Mischproben aus 15-20 Einzeleinstichen wie folgt zu entnehmen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - bei Flächen über 10 ha für mindestens 10 Teilflächen, - bei Flächen bis 10 ha in der Regel für 10 Teilflächen, mindestens aber für 3 Teilflächen und - bei Flächen unter 0,5 ha kann auf eine Teilung verzichtet werden (= 1 Probe).
Boden-Grundwasser	<p>ungesättigte Zone: horizont- und schichtspezifische Beprobung, PN bei Auffälligkeiten; mindestens 1 MP pro laufenden Meter</p>
Boden-Mensch	<p>Bei annähernd gleichmäßiger Bodenbeschaffenheit und Schadstoffverteilung sind zur Beurteilung des Wirkungspfades Boden-Mensch Mischproben aus 15-20 Einzeleinstichen wie folgt zu entnehmen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - bei Flächen über 10.000 m² für mindestens 10 Teilflächen, - bei Flächen bis 10.000 m² in der Regel für 10 Teilflächen, mindestens aber für 3 Teilflächen und - bei Flächen unter 500 m² sowie in (Haus)Gärten kann auf eine Teilung verzichtet werden (= 1 Probe).

III A.3 Grundsätzliche Betrachtungen zu Elutions-/ Perkolationsverfahren

III A.3.1 Elutionsversuche mit destilliertem 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 ³³ (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.

³³ 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. III 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 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-Lösung 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 freigesetzt. 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 Perkolationsversuche mit destilliertem Wasser

Um die relevanten Unterschiede zwischen den drei Perkolationsverfahren 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 CEN/TS 14405
Körnigkeit: ≤ 32 mm	Körnigkeit: < 4 mm	Körnigkeit: < 4 mm
Säulendurchmesser: 5-10 cm	Säulendurchmesser: 5-10 cm	Säulendurchmesser: 5-10 cm
Elutionsmittel: destilliertes Wasser 2h Sättigung; direkter Versuchsstart	Elutionsmittel: destilliertes Wasser 48h Sättigung	Elutionsmittel: destilliertes 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 µm Organik: ≤ 100 FNU	Anorganik: Zentrifugation Filtration: 0,45 µm	Anorganik: Zentrifugation Filtration: 0,45 µm Organik: ≤1 00 FNU

Ein Säulen(Perkolations-)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“.

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 l/kg · 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 Abbildung 1 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 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
AZB	Ausgangszustandsbericht
BBodSchV	Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung
BG	Bestimmungsgrenze
BioAbfV	Bioabfallverordnung
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit
BOVA	Ständiger Ausschuss „Vorsorgender Bodenschutz“
BSE	Bodensättigungsextrakt
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 Bodenuntersuchungen
FCKW	Fluorchlorkohlenwasserstoffe
FIA	Fließinjektionsanalyse
FID	Flammenionisationsdetektor
FL	Flamme
FMA	Fachmodul Abfall
FM-BA	Fachmodul Boden-Altlasten
FNU	Formazin Nephelometric Units (Formazin nephelometrische Einheiten)
Forum-AU	LAGA-Forum Abfalluntersuchung
GB ₂₁	Gasbildungspotenzial (nach 21-Tagen ermittelt)
GC	Gaschromatographie
GC-AED	Gaschromatographie-Atomemissionsdetektor
GC-ECD	Gaschromatographie-Elektroneneinfangdetektor
GC-FID	Gaschromatographie-Flammenionisationsdetektor
GC-FPD	Gaschromatographie-Flammenphotometrischer Detektor

GC-HR-MS	Gaschromatographie-hochauflösende Massenspektrometrie (Chromatography-High Resolution Mass Spectrometry)
GC-MS	Gaschromatographie-Massenspektrometrie
GC-MS-MS	Gaschromatographie-Tandemmassenspektrometrie
HBU	Handbuch der Bodenuntersuchung
HPLC	High Performance Liquid Chromatography
HPLC-MS-MS	High Performance Liquid Chromatography- Tandemmassenspektrometrie
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
Lf	Leitfähigkeit
LHKW	Leichtflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe
LID	Lowest Ineffective Concentration
LP	Laborprobe
L/S	Wasser-Feststoff-Verhältnis
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	Tetrachlorethen
PFAS	Per- und polyfluorierte Chemikalien (<i>per- and polyfluoroalkyl substances</i>)
PFOA	Perfluoroktansäure
PFOS	Perfluoroktansulfonsäure
PID	Photoionisationsdetektor
PLE	Pressurized Liquid Extraction (Schnelle Druckextraktion)
pflv.	pflanzenverfügbar
PN	Probenahme
POP-VO	Verordnung über Persistent Organic Pollutants
PV	Probenvorbereitung (mechanisch)
QS	Qualitätssicherung
ROC	Restlicher oxidierbarer organischer Kohlenstoff (z. B. Stein-, Holzkohle, Ruß, schwarzer Kohlenstoff)

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
UMK	Umweltministerkonferenz
VDLUFA	Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten
VersatzV	Versatzverordnung
VOA	Variable Optical Attenuator

