

Untersuchungsverfahren

Tabelle 1: Verfahren zur Bestimmung der physikalisch-chemischen Eigenschaften

Eigenschaft	Methode	Norm
Bestimmung der Trockenmasse	feldfrische oder luftgetrocknete Bodenproben	DIN EN 14346:2007-03 Verfahren A
		DIN EN 15934:2012-11
Organischer Kohlenstoff und Gesamtkohlenstoff nach trockener Verbrennung	luftgetrocknete Bodenproben	DIN EN 15936:2012-11 DIN 19539:2016-12
Organischer Kohlenstoff (TOC 400) nach trockener Verbrennung bis 400 °C	luftgetrocknete Bodenproben	DIN 19539:2016-12
pH-Wert (CaCl ₂)	Suspension der feldfrischen oder luftgetrockneten Bodenprobe in CaCl ₂ -Lösung; Konzentration (CaCl ₂): 0,01 mol/l	DIN EN 15933:2012-11
Bodenart	Fingerprobe im Gelände	Bodenkundliche Kartieranleitung, 5. Auflage Hannover 2009 (KA 5); Arbeitshilfe für die Bodenansprache im vor- und nachsorgenden Bodenschutz, Hannover 2009; DIN ISO 11277:2002-08
Korngrößenverteilung/Bodenart	Siebung, Dispergierung, Pipett-Analyse	DIN ISO 11277:2002-08
	Siebung, Dispergierung, Aräometermethode	DIN ISO 11277:2002-08 DIN EN ISO 17892-4:2017-04
Rohdichte	Trocknung einer volumengerecht entnommenen Bodenprobe bei 105 °C, rückwiegen	DIN EN ISO 11272:2017-07

Tabelle 2: Verfahren zur Herstellung von Eluaten mit Wasser

Verfahren	Verfahrenshinweise	Norm
Anorganische und organische Stoffe		
Elution mit Wasser durch Schüttelverfahren oder Säulenschnellverfahren	Flüssigkeits-Feststoffverhältnis 2:1	DIN 19528:2009-01 DIN 19529:2015-12

Tabelle 3: Nutzungsorientierte Beprobungstiefe bei Untersuchungen zu den Wirkungspfaden Boden-Mensch und Boden-Nutzpflanze

Wirkungspfad	Nutzungsarten	Beprobungstiefe
Boden-Mensch	Kinderspielflächen, Wohngebiete	0 – 10 cm ¹ 10 – 30 cm ²
	Park- und Freizeitanlagen	0 – 10 cm ¹
	Industrie- und Gewerbegrundstücke	0 – 10 cm ¹
Boden-Nutzpflanze	Ackerflächen, Nutzgärten	0 – 30 cm ³ 30 – 60 cm
	Grünlandflächen	0 – 10 cm ⁴ 10 – 30 cm

¹ Kontaktbereich für orale und dermale Schadstoffaufnahme, zusätzlich 0 – 2 cm bei Relevanz des inhalativen Aufnahmepfad.

² 30 cm durchschnittliche Mächtigkeit aufgebracht Bodenschichten, zugleich von Kindern erreichbare Tiefe.

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

⁴ Bei abweichender Mächtigkeit des Hauptwurzelbereiches bis zur Untergrenze des Hauptwurzelbereiches.

Tabelle 4: Verfahren zur Bestimmung anorganischer Stoffgehalte

Stoff	Methode	Norm
Antimon, Arsen, Blei, Cadmium, Chrom _{gesamt} , Kobalt, Kupfer, Nickel, Molybdän, Selen, Thallium, Vanadium, Zink	ICP-Atomemissionsspektrometrie (ICP-AES/ICP-OES)	DIN ISO 22036:2009-06
	induktiv gekoppelte Plasma-Atom-Emissionsspektrometrie (ICP-OES)	DIN EN ISO 11885:2009-09 DIN EN 16170:2017-01
	ICP-Massenspektrometrie (ICP-MS) möglich, Berücksichtigung von spektralen Störungen bei hohen Matrixkonzentrationen erforderlich	DIN EN 16171:2017-01 DIN EN ISO 17294-2:2017-01
Arsen	ICP-AES/ICP-OES	DIN ISO 22036:2009-06
	ICP-MS	DIN EN ISO 17294-2:2017-01
	Hydrid-Atom-absorptionsspektrometrie (Hydrid-AAS)	E DIN ISO 17378-2:2017-01 DIN ISO 20280:2010-05
Quecksilber	AAS-Kaltdampftechnik; bei der Probenvorbehandlung darf die Trocknungstemperatur 40 °C nicht überschreiten	DIN EN ISO 15586:2004-02
	ICP-MS	DIN EN ISO 17294-2:2017-01
Chrom _{VI}	alkalisches Heiß-Extraktionsverfahren mit Natronlauge (0,5 mol/l)/Na ₂ CO ₃ -Lösung (0,28 mol/l)	DIN EN 15192:2007-02
Cyanide	Verfahren mittels kontinuierlicher Durchflussanalyse	DIN EN ISO 17380:2013-10

Tabelle 5: Verfahren zur Bestimmung organischer Stoffgehalte

Stoff	Methode	Norm
PAK ₁₆ Benzo(a)pyren	Extraktion mit Aceton, Zugabe von Petrolether, Entfernen des Acetons, chromatographische Reinigung des Petroletherextraktes; Quantifizierung mittels GC-MS oder Aufnahme des Petroletherextraktes in Acetonitril; Quantifizierung mittels HPLC mit UV/DAD bzw. FLD	DIN ISO 18287:2006-05 DIN EN 16181:2019-08
Hexachlorbenzol	Extraktion mit Aceton/ Cyclohexan-Gemisch oder Aceton/Petrolether, ggf. chromatographische Reinigung nach Entfernen des Acetons; Quantifizierung mittels GC-ECD oder GC-MS	DIN ISO 10382:2003-05
Pentachlorphenol	Soxhlet-Extraktion mit Heptan oder Aceton/ Heptan (50:50); Derivatisierung mit Essigsäureanhydrid; Quantifizierung mittels GC-ECD oder GC-MS	DIN ISO 14154:2005-12
Aldrin, DDT, Hexachlorcyclohexan (HCH-Gemisch oder β -HCH)	Extraktion mit Aceton/ Cyclohexan-Gemisch oder Aceton/Petrolether, ggf. chromatographische Reinigung nach Entfernen des Acetons; Quantifizierung mittels GC-ECD oder GC-MS	DIN ISO 10382:2003-05
PCB ₆	Extraktion mit Aceton/ Cyclohexan-Gemisch oder Aceton/Petrolether, ggf. chromatographische Reinigung nach Entfernen des Acetons; Quantifizierung mittels GC-ECD oder GC-MS	DIN ISO 10382:2003-05 DIN EN 16167:2019-06
PCDD/F, dl-PCB	Soxhlet-Extraktion der Proben mit Toluol, chromatographische Reinigung; Quantifizierung mittels HR GC-MS	DIN 38414-24:2000-10 DIN EN 16190:2019-10
2,4-Dinitrotoluol, 2,6-Dinitrotoluol, 2,2', 4,4', 6,6'-Hexanitrodiphenylamin (Hexyl), 1,3,5-Trinitro-hexahydro-1,3,5-triazin (Hexogen), Nitropenta, 2,4,6-Trinitrotoluol (TNT)	Extraktion mit Methanol oder Acetonitril und Quantifizierung mittels HPLC mit UV/DAD oder Extraktion mit Methanol, Umlösen in Toluol und Quantifizierung mittels GC-ECD oder GC-MS	DIN ISO 11916-1:2014-11 DIN ISO 11916-2:2014-11 für Hexogen und Hexyl ausschließlich: DIN ISO 11916-1:2014-11
EOX	Die extrahierbare organisch gebundenen Halogene werden nach Gefrier Trocknung und Extraktion mit z. B. Hexan erfasst und im Sauerstoffstrom verbrannt. Die Temperatur im Verbrennungsraum während der gesamten Analysenzeit muss mindestens 950 °C betragen (Gerät, z. B. Microcoulometer)	DIN 38414-17:2017-01

Tabelle 6: Verfahren zur Bestimmung der Konzentration anorganischer Stoffe

Stoff	Methode	Norm
Antimon, Arsen, Barium, Blei, Bor, Cadmium, Chrom gesamt, Kobalt, Kupfer, Molybdän, Nickel, Selen, Thallium, Vanadium, Zink	ICP-AES/ICP-OES	DIN ISO 22036:2009-06
	ICP-MS möglich	DIN EN ISO 17294-2:2017-01
Arsen, Antimon	AAS-Graphitrohr	DIN EN ISO 15586:2004-02
	ICP-AES/ICP-OES	DIN ISO 22036:2009-06
	ICP-MS	DIN EN ISO 17294-2:2017-01
Chrom _{VI}	Trennung und Bestimmung analog der Behandlung der Extraktionslösung	DIN EN 15192:2007-02
Quecksilber	AAS	DIN EN 16175-1:2016-12 DIN EN ISO 12846:2012-08
	ICP-MS	DIN EN ISO 17294-2:2017-01
	Atomfluoreszenz-spektrometrie (AFS)	DIN EN 16175-2:2016-12 DIN EN ISO 17852:2008-04
Selen	ICP-AES/ICP-OES	DIN ISO 22036:2009-06
	ICP-MS	DIN EN ISO 17294-2:2017-01
Cyanide _{gesamt}	Spektralphotometrie	DIN 38405-13:2011-04 DIN EN ISO 14403-1:2012-10 DIN EN ISO 14403-2:2012-10
Cyanide _{leicht freisetzbar}	Spektralphotometrie	DIN 38405-13:2011-04 DIN EN ISO 14403-1:2012-10 DIN EN ISO 14403-2:2012-10
Fluorid, Sulfat	Fluoridsensitive Elektrode	DIN 38405-4:1985-07
	Ionenchromatographie	DIN EN ISO 10304-1:2009-07

Tabelle 7: Verfahren zur Bestimmung der Konzentration organischer Stoffe

Stoff	Methode	Norm
BTEX ¹	GC-FID (Matrixbelastung beachten), HS-GC-MS	DIN 38407-43:2014-10
	Purge und Trap-Anreicherung und thermischer Desorption	DIN EN ISO 15680:2004-04
Anthracen	HPLC-F, GC-MS	DIN EN ISO 17993:2004-03 DIN 38407-39:2011-09
Benzo(a)pyren	HPLC-F, GC-MS	DIN EN ISO 17993:2004-03 DIN 38407-39:2011-09
Benzol	HS-GC-MS, HS-SPME GC-MS	DIN 38407-43:2014-10 DIN EN ISO 17943:2016-10
Summe Chlorbenzole	GC-MS	DIN 38407-37:2013-11
Chlorethen (Vinylchlorid)	HS-SPME GC-MS	DIN EN ISO 17943:2016-10
Summe Chlorphenole	GC-ECD, GC-MS	DIN EN 12673:1999-05
Pentachlorphenol	GC-ECD, GC-MS	DIN EN 12673:1999-05
Hexachlorbenzol (HCB)	GC-MS	DIN 38407-37:2013-11
Summe Kohlenwasserstoffe ²	Extraktion mit Petrolether, gaschromato- graphische Quantifizierung	DIN EN ISO 9377-2:2001-07
LHKW ³	GC-MS	DIN 38407-43:2014-10
	GC	DIN EN ISO 10301:1997-08
	HS-SPME GC-MS	DIN EN ISO 17943:2016-10
Methyl-tertiär-butylether (MTBE)	GC-MS, HS-SPME GC-MS	DIN 38407-43:2014-10 DIN EN ISO 17943:2016-10
Naphthalin und Methyl- naphthaline	GC-MS Purge und Trap-Anreicherung und thermischer Desorption GC-MS HS-SPME GC-MS	DIN 38407-39:2011-09 DIN EN ISO 15680:2004-04 DIN 38407-43:2014-10 DIN EN ISO 17943:2016-10
Summe Nonylphenol (= 4-Nonylphenol, verzweigt, und Nonylphenol-Isomere)	GC-MS	DIN EN ISO 18857-1:2007-02
Phenole	GC-MS	DIN 38407-27:2012-10
Summe aus PCB ₆ und PCB-118	GC-MS	DIN 38407-37:2013-11
PAK ₁₆	HPLC-F, GC-MS	DIN EN ISO 17993:2004-03 DIN 38407-39: 2011-09
Summe aus Tri- und Tetra- chlorethen	GC-MS HS-SPME GC-MS	DIN 38407-43:2014-10 DIN EN ISO 17943:2016-10
Perfluorbutansäure (PFBA), Perfluoroktansäure (PFOA), Perfluorononansäure (PFNA), Perfluorbutansulfonsäure (PFBS), Perfluorhexansäure (PFHxA), Perfluorhexansulfon- säure (PFHxS), Perfluoroktan- sulfonsäure (PFOS)	Verfahren mittels Hochleistungs-Flüssig- keitschromatographie und massenspektro- metrischer Detektion (HPLC-MS/MS) nach Fest-Flüssig-Extraktion	DIN 38407-42:2011-03 DIN 38414-14:2011-08

Stoff	Methode	Norm
2,4-Dinitrotoluol, 2,6-Dinitrotoluol, 2,2', 4,4', 6,6'-Hexanitro- diphenylamin (Hexyl), 1,3,5-Trinitro-hexahydro- 1,3,5-triazin (Hexogen), Nitropenta, 2,4,6-Trinitrotoluol (TNT)	HPLC mit UV-Detektion	DIN EN ISO 22478:2006-07

¹ BTEX: Summe Benzol, Toluol, Ethylbenzol und Xylole.

² Summe der Kohlenwasserstoffe, die zwischen n-Dekan (C 10) und n-Tetracontan (C 40) von der gaschromatographischen Säule eluieren.

³ LHKW, gesamt: Leichtflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe, d. h. Summe der halogenierten C1- und C2-Kohlenwasserstoffe; einschließlich Trihalogenmethane.

Tabelle 8: Bodenluft- und Deponiegasuntersuchung

Stoff	Methode	Norm
BTEX, LHKW, leichtflüchtige aliphatische Kohlenwasser- stoffe (Alkane, Cycloalkane und Alkene mit 5 bis 10 C- Atomen), MTBE	Messplanung Bodenluft	VDI 3865-1:2005-06
	Probennahmetechnik, Messstellen	VDI 3865-2:1998-01
	Anreicherungstechnik	VDI 3865-3:1998-06
	Direktmesstechnik	VDI 3865-4:2000-12
CO ₂ , CH ₄ , O ₂ , N ₂ , H ₂ S, NH ₃	Messplanung	VDI 3860-4:2012-06
	Bestimmung der Haupt- und Spuren- komponenten	VDI 3860-2:2019-05
	Diffuse CH ₄ -Ausgasung; oberflächennahe CH ₄ -Bestimmung	VDI 3860-3:2017-11