

MASTERPROJEKT

**Erstellen eines geotechnischen
Gutachtens zur Standortbewertung
mittels analytischen Untersuchungen**

eingereicht von
B. Eng. Tom Tautenhahn

10267590

Matrikelnummer

Herr Prof. Dr.- Ing. M. Sc. Wolfgang Wehr

Erstprüfer

FR. Bauingenieurwesen

Dipl. Ing. Simone Franke

Zweitprüfer

FR. Bauingenieurwesen

Erstprüfer

.....

INHALTSVERZEICHNIS

<u>1</u>	<u>VORBEMERKUNG.....</u>	<u>2 -</u>
1.1	VERANLASSUNG.....	2 -
1.2	VERWENDETE UNTERLAGEN	2 -
<u>2</u>	<u>ALLGEMEINE VERHÄLTNISSE</u>	<u>7 -</u>
2.1	GELÄNDEVERHÄLTNISSE	7 -
2.2	HISTORISCHE BAUERKUNDUNG.....	7 -
<u>3</u>	<u>RECHTLICHE GRUNDLAGEN</u>	<u>8 -</u>
3.1	BUNDES-BODENSCHUTZGESETZ (BBODSCHG).....	8 -
3.2	BUNDES-BODENSCHUTZVERORDNUNG (BBODSCHV).....	9 -
3.3	KREISLAUFWIRTSCHAFTSGESETZ (KRWG).....	10 -
3.4	LAGA MITTEILUNG 20.....	11 -
3.4.1	TEIL I: ALLGEMEINER TEIL.....	11 -
3.4.2	TEIL II TECHNISCHE REGELN FÜR DIE VERWERTUNG	14 -
3.4.3	TEIL III: PROBENAHME UND ANALYTIK.....	17 -
3.5	PROBENAHME NACH LAGA M 32 (PN 98)	19 -
3.5.1	ALLGEMEINES.....	19 -
3.5.2	PROBENAHMEPLAN	19 -
3.5.3	DURCHFÜHRUNG DER PROBENAHME	20 -
3.5.4	VORBEREITUNG DER MISCH- / SAMMELPROBE ZUR LABORPROBE	22 -
<u>4</u>	<u>ANALYTISCHE UNTERSUCHUNG.....</u>	<u>24 -</u>
4.1	METHODEN ZUR BESTIMMUNG DER EINZELPARAMETER IN FESTSTOFFEN	26 -
4.1.1	BESTIMMUNG DES PH-WERT	26 -
4.1.2	TROCKENRÜCKSTAND	27 -
4.1.3	GLÜHVERLUST	30 -
4.1.4	GESAMTER ORGANISCHER KOHLENSTOFF (TOC)	32 -

4.1.5	KÖNIGSWASSERAUF SCHLUSS.....	- 35 -
4.1.6	BESTIMMEN VON ARSEN, CADMIUM, CHROM, KUPFER, NICKEL, BLEI, THALLIUM UND ZINK	- 37 -
4.1.7	GESAMTCYANID.....	- 39 -
4.1.8	KOHLENWASSERSTOFFE	- 43 -
4.1.9	EXTRAHIERBARE ORGANISCH GEBUNDENE HALOGENE (EOX)	- 46 -
4.1.10	POLYZYKLISCHE AROMATISCHE KOHLENWASSERSTOFFE (PAK)	- 49 -
4.1.11	POLYCHLORIERT E BIPHENYLE (PCB)	- 53 -
4.2	METHODEN ZUR BESTIMMUNG DER EINZELPARAMETER IM ELUAT.....	- 55 -
4.2.1	ELUATHERSTELLUNG.....	- 55 -
4.2.2	BESTIMMUNG DES pH-WERT IM ELUAT	- 58 -
4.2.3	ELEKTRISCHE LEITFÄHIGKEIT.....	- 59 -
4.2.4	GELÖSTER ORGANISCHER KOHLENSTOFF (DOC).....	- 59 -
4.2.5	CHLORID UND SULFAT.....	- 62 -
4.2.6	FLUORID.....	- 63 -
4.2.7	LEICHT FREISETZBAREM CYANID.....	- 66 -
4.2.8	AMMONIUM-STICKSTOFF (N)	- 69 -
4.2.9	QUECKSILBER	- 72 -
5	<u>FELDVERSUCH.....</u>	- 75 -
5.1	UNTERSUCHUNGSKONZEPT	- 75 -
5.2	PROBENENTNAHMEPLAN	- 75 -
5.3	KLIMATISCHE BEDINGUNGEN	- 75 -
5.4	DURCHFÜHRUNG	- 76 -
5.4.1	SCHÜRFE A	- 76 -
5.4.2	SCHÜRFE B	- 77 -
5.4.3	SCHÜRFE C	- 78 -
5.4.4	SCHÜRFE D	- 79 -
6	<u>GEOLOGIE.....</u>	- 81 -
6.1	BAUGRUNDSCHICHTUNG	- 81 -
6.2	ANTHROPOGENE ANSCHÜTTUNG	- 81 -
6.3	GRUNDWASSER	- 82 -

<u>7</u>	<u>LABORVERSUCHE</u>	<u>- 83 -</u>
7.1	PROBENVORBEREITUNG	- 83 -
7.2	BESTIMMUNG DES GEHALTS DES TROCKENRÜCKSTANDES UND DES FEUCHTEGEHALT	- 84 -
7.3	ELUATHERSTELLUNG	- 86 -
7.4	ELEKTRISCHE LEITFÄHIGKEIT	- 89 -
7.5	PH-WERT.....	- 89 -
7.6	SPEKTRALPHOTOMETER	- 91 -
7.6.1	NICKEL	- 91 -
7.6.2	KUPFER	- 92 -
7.6.3	ZINK	- 93 -
7.6.4	SULFAT.....	- 93 -
7.7	AUSWERTUNG.....	- 94 -
<u>8</u>	<u>SCHADSTOFFUNTERSUCHUNG</u>	<u>- 96 -</u>
8.1	ALLGEMEINES.....	- 96 -
8.2	ANALYSEERGEBNISSE.....	- 96 -
<u>9</u>	<u>HANDLUNGSEMPFEHLUNG</u>	<u>- 98 -</u>
9.1	KALKULATION	- 99 -
9.2	LEISTUNGSVERZEICHNIS	- 101 -
<u>10</u>	<u>SELBSTSTÄNDIGKEITSERKLÄRUNG.....</u>	<u>- 104 -</u>
<u>11</u>	<u>ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....</u>	<u>I</u>
<u>12</u>	<u>ANHANG 1.....</u>	<u>II</u>
12.1	ÜBERSICHTSLAGEPLAN [31]	II
12.2	PROBENENAHMEPLAN	III
<u>13</u>	<u>ANHANG 2.....</u>	<u>IV</u>

13.1	BOHRPROFIL DER SCHÜRFE A	IV
13.2	BOHRPROFIL DER SCHÜRFE B	V
13.3	BOHRPROFIL DER SCHÜRFE C.....	VI
13.4	BOHRPROFIL DER SCHÜRFE D	VII
<u>14</u>	<u>ANHANG 3, ANALYTIKAUSWERTUNG.....</u>	<u>VIII</u>
14.1	ANALYTIKAUSWERTUNG NACH TECHNISCHEN REGELN BODEN 1997	IX
14.2	ANALYTIKAUSWERTUNG NACH TECHNISCHEN REGELN BODEN 2004	X
14.3	ANALYTIKAUSWERTUNG NACH DEPONIE VERORDNUNG	XI
<u>15</u>	<u>ANHANG 4 CHEMISCHE PRÜFBERICHTE</u>	<u>XII</u>
<u>16</u>	<u>ANHANG 5 PROBENAHMEPROTOKOLL</u>	<u>XXI</u>
<u>17</u>	<u>ANHANG 5 PLÄNE TEICHQUERSCHNITT.....</u>	<u>XLVI</u>
<u>18</u>	<u>ANHANG 6 ANGEBOTE</u>	<u>XLVII</u>

1 Vorbemerkung

1.1 Veranlassung

In einer Thüringer Kleinstadt wurde ein alter Teich mit Boden, Baumaterial und Abfall verfüllt. Die Art der Verfüllung ist unbekannt. Um die Zusammensetzung näher zu untersuchen, sind Boden- und Wasserproben zu entnehmen und auf Schadstoffe zu untersuchen. Die geotechnischen Untersuchungsgeräte und das Umweltlabor der FH Erfurt unter der Leitung von Frau Franke, stehen dafür zur Verfügung. Es soll eine Altlastenverdachtsuntersuchung und eine Gefährdungsabschätzung vorgenommen und die Ergebnisse in einem Gutachten zusammengefasst werden.

1.2 Verwendete Unterlagen

- [1] Vertiefungsbeleg Verkehr-Wasser-Umwelt von 2016, Fachhochschule Erfurt
- [2] Bundes-Bodenschutzgesetz vom 17. März 1998 (BGBl. I S. 502), das zuletzt durch Artikel 3 Absatz 3 der Verordnung vom 27. September 2017 (BGBl. I S. 3465) geändert worden ist
- [3] Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung vom 12. Juli 1999 (BGBl. I S. 1554), die zuletzt durch Artikel 3 Absatz 4 der Verordnung vom 27. September 2017 (BGBl. I S. 3465) geändert worden ist
- [4] Kreislaufwirtschaftsgesetz vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212), das zuletzt durch Artikel 2 Absatz 9 des Gesetzes vom 20. Juli 2017 (BGBl. I S. 2808) geändert worden ist
- [5] Mitteilung der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) 20, Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen – Technische Regeln – Allgemeiner Teil, Überarbeitung Endfassung vom 06.11.2003
- [6] Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen: Teil II: Technische Regeln für die Verwertung; Stand 05.11.2004

Vorbemerkung

- [7] Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen: Teil III: Probennahme und Analytik; Stand 05.11.2004
- [8] LAGA PN 98, Richtlinie für das Vorgehen bei physikalischen, chemischen und biologischen Untersuchungen im Zusammenhang mit der Verwertung/ Beseitigung von Abfällen; Stand Dezember 2001
- [9] DIN Deutsches Institut für Normung e. V. „Schlamm, behandelter Bioabfall und Boden- Bestimmung des pH-Wertes“; Deutsche Fassung EN 15933:2012; Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin
- [10] DIN Deutsches Institut für Normung e.V. „Charakterisierung von Abfällen – Berechnung der Trockenmasse durch Bestimmung des Trockenrückstandes oder des Wassergehaltes“; Deutsche Fassung EN 14346:2006; Beuth Verlag GmbH, 100772 Berlin
- [11] DIN Deutsches Institut für Normung e.V. „Charakterisierung von Abfall- Bestimmung des Glühverlustes in Abfall, Schlamm und Sedimenten; Deutsche Fassung EN 15169:2007“; Beuth Verlag GmbH, 100772 Berlin
- [12] DIN Deutsches Institut für Normung e.V. „Schlamm, behandelter Bioabfall, Boden und Abfall- Bestimmung des gesamten organischen Kohlenstoffs (TOC) mittels trockener Verbrennung“; Deutsche Fassung EN 15936:2012; Beuth Verlag GmbH, 100772 Berlin
- [13] DIN Deutsches Institut für Normung e.V. „Charakterisierung von Abfällen- Aufschluss zur anschließenden Bestimmung des in Königswasser löslichen Anteils an Elementen in Abfällen“, Deutsche Fassung EN 13657: 10 2002; Beuth Verlag GmbH, 100772 Berlin
- [14] DIN Deutsches Institut für Normung e.V. „Wasserbeschaffenheit- Bestimmung von ausgewählten Elementen durch induktiv gekoppelte Plasma-Atom- Emissionsspektrometrie (ICP-OES)“ Deutsche Fassung EN ISO 11885:2009; Beuth Verlag GmbH, 100772 Berlin
- [15] DIN Deutsches Institut für Normung e.V. „Bodenbeschaffenheit – Bestimmung von Gesamtcyanid (ISO 11262:2011)“; Beuth Verlag GmbH, 100772 Berlin

Vorbemerkung

- [16] DIN Deutsches Institut für Normung e.V. „Charakterisierung von Abfällen - Bestimmung des Gehalts an Kohlenwasserstoffen von C10 bis C40 mittels Gaschromatographie“; Deutsche Fassung EN 14039:2004; Beuth Verlag GmbH, 100772 Berlin
- [17] DIN Deutsches Institut für Normung e.V. „Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung – Schlamm und Sedimente (Gruppe S) – Teil 17: Bestimmung von extrahierbaren organisch gebundenen Halogenen (EOX) (S 17)“ Deutsche Norm DIN 38414-17; Beuth Verlag GmbH, 100772 Berlin
- [18] DIN Deutsches Institut für Normung e.V. „Bodenbeschaffenheit – Bestimmung der polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK) – Gaschromatographisches Verfahren mit Nachweis durch Massenspektrometrie (GC-MS) (ISO 18287:2006)“ Deutsche Norm DIN ISO 18287; Beuth Verlag GmbH, 100772 Berlin
- [19] DIN Deutsches Institut für Normung e.V. „Charakterisierung von Abfällen – Bestimmung ausgewählter polychlorierter Biphenyle (PCB) in festem Abfall mittels Gaschromatographie mit Elektroeinfang Detektion oder massenspektrometrischer Detektion“; Deutsche Fassung EN 15308: 2016; Beuth Verlag GmbH, 100772 Berlin
- [20] DIN Deutsches Institut für Normung e.V. „Charakterisierung von Abfällen - Auslaugung -Übereinstimmungsuntersuchung für die Auslaugung von körnigen Abfällen und Schlämmen - Teil 4: Einstufiges Schüttelverfahren mit einem Flüssigkeits-/Feststoffverhältnis von 10 l/kg für Materialien mit einer Korngröße unter 10 mm“ Deutsche Fassung EN 12457-4: 09.2002; Beuth Verlag GmbH, 100772 Berlin
- [21] DIN Deutsches Institut für Normung e.V. „Wasserbeschaffenheit – Bestimmung des pH-Werts (ISO 10523:2008)“; Deutsche Fassung EN ISO 10523:2012; Beuth Verlag GmbH, 100772 Berlin
- [22] DIN Deutsches Institut für Normung e.V. „Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit“ Deutsche Fassung EN 27888; Beuth Verlag GmbH, 100772 Berlin
- [23] DIN Deutsches Institut für Normung e.V. „Wasseranalytik – Anleitungen zur Bestimmung des gesamten organischen Kohlenstoffs (TOC) und des gelösten

- organischen Kohlenstoffs (DOC)“; Deutsche Fassung EN 1484:1997; Beuth Verlag GmbH, 100772 Berlin
- [24] DIN Deutsches Institut für Normung e.V. „Wasserbeschaffenheit – Bestimmung von gelösten Anionen mittels Flüssigkeits-Ionenchromatographie – Teil 1: Bestimmung von Bromid, Chlorid, Fluorid, Nitrat, Nitrit, Phosphat und Sulfat (ISO 10304-1:2007)“; Deutsche Fassung EN ISO 10304-1:2009; Beuth Verlag GmbH, 100772 Berlin
- [25] DIN Deutsches Institut für Normung e.V. „Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung, Anionen (Gruppe D) Bestimmung von Fluorid (D 4)“ Deutsche Norm DIN 38405: 1985 07; Beuth Verlag GmbH, 100772 Berlin
- [26] DIN Deutsches Institut für Normung e.V. „Bodenbeschaffenheit – Bestimmung des Gehalts an Gesamtcyanid und leicht freisetzbarem Cyanid – Verfahren mittels kontinuierlicher Durchflussanalyse (ISO 17380:2013)“; Deutsche Fassung EN ISO 17380:2013; Beuth Verlag GmbH, 100772 Berlin
- [27] DIN Deutsches Institut für Normung e.V. „Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung, Kationen (Gruppe E), Bestimmung des Ammonium-Stickstoffs (E 5); Deutsche Fassung DIN 38406: 1983; Beuth Verlag GmbH, 100772 Berlin
- [28] DIN Deutsches Institut für Normung e.V. „Wasserbeschaffenheit – Bestimmung von Quecksilber – Verfahren mittels Atomabsorptionsspektrometrie (AAS) mit und ohne Anreicherung (ISO 12846:2012)“; Deutsche Fassung EN ISO 12846:2012; Beuth Verlag GmbH, 100772 Berlin
- [29] DIN Deutsches Institut für Normung e.V. „Untersuchung von Feststoffen - Probenvorbehandlung, -vorbereitung und -aufarbeitung für chemische, biologische und physikalische Untersuchungen; Deutsche Norm DIN 19747:2009; Beuth Verlag GmbH, 100772 Berlin
- [30] Lange DR2800, „Bedienungsanleitung“ 03/2007 Ausgabe 1
- [31] Kartendienst des TLUBN ; Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz

- [32] Verordnung über das Europäische Abfallverzeichnis (Abfallverzeichnis-Verordnung-AVV); vom 10 Dezember 2001, zuletzt durch Artikel 2 der Verordnung vom 17. Juli 2017 geändert worden.

2 Allgemeine Verhältnisse

2.1 Geländeverhältnisse

Bei dem zu untersuchenden Grundstück handelt es sich um eine rd. 2300m² große Fläche in Gräfenthal, welche Ringelteich bezeichnet wird. Die Fläche wird im Norden durch die Karl-Liebknecht-Straße, im Osten durch Wohngebäude, im Süden durch einen Hang und im Westen durch den städtischen Bauhof begrenzt. Auf dem Gelände befindet sich ein Gebäude namens „Storchenhäusl“. Derzeit ist das frei zugängliche Gelände mit Gras und feinen Schutt sowie einzelnen Bäumen bewachsen und kann von der Bevölkerung als Fußballplatz genutzt werden. [1]

Im Liegenschaftskataster ist das Gelände wie folgt aufgenommen:

➤ Gemarkung: Gräfenthal

Flur: 138

Flurstücke: 5, 6

2.2 Historische Bauerkundung

Der sogenannte Ringelteich war bis in die 1970er Jahren Teil eines Naherholungsgebietes in der südthüringischen Stadt Gräfenthal. Ein Biergarten befand sich auf der umflossenen Insel, welche durch eine Holzbrücke zu erreichen war. Das „Storchenhäusl“, befand sich zum Teil über der Wasseroberfläche, sodass ein Durchfahren mit einem Boot möglich war.

In den 1970er Jahren wurde dieser zugeschüttet. Jedoch gibt es keine Aufzeichnungen über die Beschaffenheit der Verfüllung. Allerdings wurde bei dem Gespräch mit Zeitzeugen festgestellt, dass die Auffüllung aus Bauschutt, Müll und sonstigen zu dem Zeitpunkt vorhandenen anthropogenen Material bestand.

Nach der Recherche beim Landratsamt Saalfeld- Rudolstadt, geht aus dem Kataster für Altlasten und altlastverdächtige Flächen hervor, dass diese Flächen als unverdächtige Flächen eingestuft werden kann.

3 Rechtliche Grundlagen

Baureststoffe stellen massenmäßig den größten Anteil am gesamten Abfallaufkommen dar. Da der vorhandene Deponieraum immer geringer wird, ist der Wiederverwendung bzw. Verwertung von Bau- und Reststoffen gegenüber der Deponie der Vorrang zu geben.

Die Verwertung bzw. Wiederverwendung von Bau- bzw. Reststoffen bedarf jedoch einer gesetzlichen Grundlage, welche die Rahmenbedingungen für eine geordnete Anwendung von Bau- und Reststoffen schafft. Die Grundlage dieser Gesetze bildet der Grundgedanke:

- Vermeidung
- Verwertung
- Deponierung

von Abfällen. Zusätzlich müssen aber auch wirtschaftliche und umweltrelevante Aspekte beachtet werden.

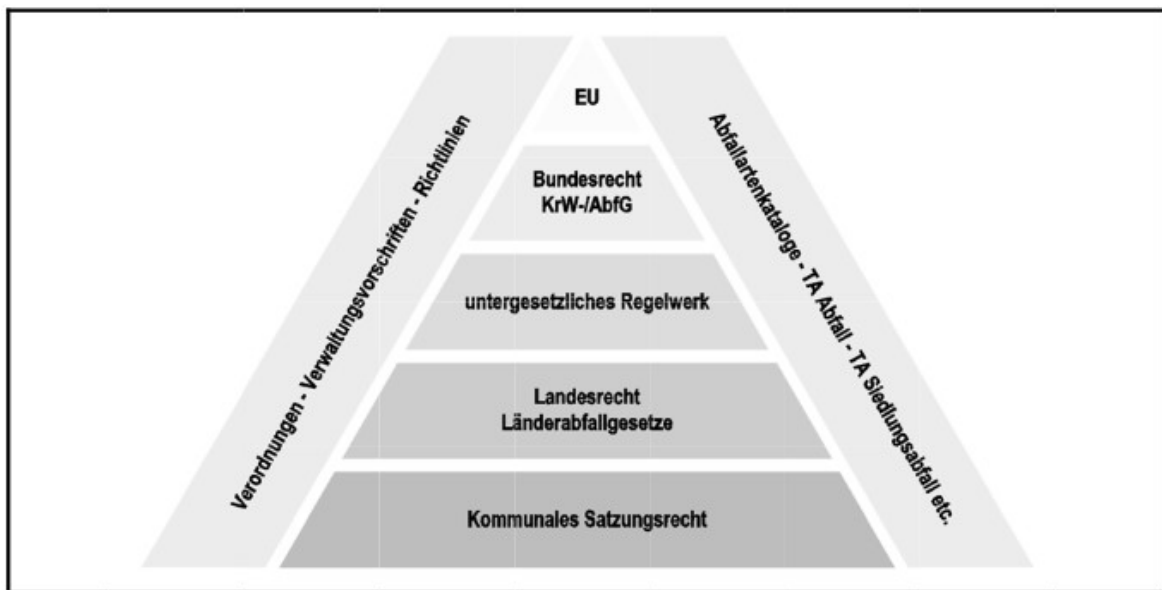


Abbildung 1 Hierarchie des Abfallrechtes (Riedl, Skript Straßenwesen, 2013)

3.1 Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG)

Das Bundes-Bodenschutzgesetz trat am 17. März 1998 in Kraft. Dieses „Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten“ umfasst 5 Teile:

- 1. Teil: Allgemeine Vorschriften (§§ 1-3)
- 2. Teil: Grundsätze und Pflichten (§§ 4-10)
- 3. Teil: Ergänzende Vorschriften für Altlasten (§§ 11-16)
- 4. Teil: Landwirtschaftliche Bodennutzung (§ 17)
- 5. Teil: Schlussvorschriften (§§ 18-26)

„Zweck dieses Gesetzes ist es, nachhaltig die Funktionen des Bodens zu sichern oder wiederherzustellen. Hierzu sind schädliche Bodenveränderungen abzuwehren, der Boden und Altlasten sowie hierdurch verursachte Gewässerverunreinigungen zu sanieren und Vorsorge gegen nachteilige Einwirkungen auf den Boden zu treffen. Bei Einwirkungen auf den Boden sollen Beeinträchtigungen seiner natürlichen Funktionen sowie seiner Funktion als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte so weit wie möglich vermieden werden.“ (BBodSchG §1) [2]

3.2 Bundes-Bodenschutzverordnung (BBodSchV)

Die Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung wurde ergänzend zum Bundes-Bodenschutzgesetz am 12.Juli 1999 erlassen. Die Verordnung umfasst 8 Teile:

- 1. Teil: Allgemeine Vorschriften (§§1,2)
- 2. Teil: Anforderungen an die Untersuchung und Bewertung von Verdachtsflächen und altlastverdächtigen Flächen (§§ 3, 4)
- 3. Teil: Anforderungen an die Sanierung von schädlichen Bodenveränderungen und Altlasten (§ 5)
- 4. Teil: Ergänzende Vorschriften für Altlasten (§ 6)
- 5. Teil: Ausnahmen (§ 7)
- 6. Teil: Ergänzende Vorschriften für die Gefahrenabwehr von schädlichen Bodenveränderungen auf Grund von Bodenerosion durch Wasser (§ 8)
- 7. Teil: Vorsorge gegen das Entstehen schädlicher Bodenveränderungen (§§ 9-12)
- 8. Teil: Schlussbestimmungen (§§ 13, 14)

Die Untersuchungsverfahren und Anforderungen werden in den vier Anhängen näher geregelt:

- Anhang 1: Anforderungen an die Probenahme, Analytik und Qualitätssicherung bei der Untersuchung
- Anhang 2: Maßnahmen-, Prüf- und Vorsorgewerte
- Anhang 3: Anforderungen an Sanierungsuntersuchungen und den Sanierungsplan
- Anhang 4: Anforderungen an die Untersuchung und Bewertung von Flächen, bei denen der Verdacht einer schädlichen Bodenveränderung auf Grund von Bodenerosion durch Wasser vorliegt

Die BBodSchV stellt Beurteilungskriterien auf für Böden in oberflächennaher Zone, zum Schutz von Mensch, Tier, Pflanze und Grundwasser. [4]

3.3 Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG)

Das Kreislaufwirtschaftsgesetz trat am 1. Juni 2012 in Kraft. Es schafft eine Pflichthierarchie, wonach die Entstehung von Abfällen nach Möglichkeit zu vermeiden ist. Abfälle, welche nicht vermieden werden können, sind stofflich oder energetisch zu verwerten. Nicht verwertbare Abfälle sind ordnungsgemäß zu beseitigen. Wenn die Beseitigung die umweltverträglichere Lösung darstellt, entfällt der Vorrang der Verwertung. [4]

Das Kreislaufwirtschaftsgesetz umfasst neun Teile:

- 1. Teil: allgemeine Vorschriften
- 2. Teil: Grundsätze und Pflichten der Erzeuger und Besitzer von Abfällen sowie der öffentlich- rechtlichen Entsorgungsträger
- 3. Teil: Produktverantwortung
- 4. Teil: Planungsverantwortung
- 5. Teil: Absatzförderung und Abfallberatung
- 6. Teil: Überwachung
- 7. Teil: Entsorgungsfachbetrieb
- 8. Teil: Betriebsorganisation, Betriebsbeauftragter für Abfall und Erleichterungen für auditierte Unternehmensstandorte
- 9. Teil: Schlussbestimmung

3.4 LAGA Mitteilung 20

Die Länderarbeitsgemeinschaft Abfall ist ein Arbeitsgremium der Umweltministerkonferenz und wurde am 2. Juli 1963 gegründet. Ihre Aufgabe ist die Sicherstellung eines möglichst ländereinheitlichen Vollzugs des Abfallrechts in der Bundesrepublik Deutschland. Dazu zählt das Bewerten von mineralischen Abfällen, neben bestimmten Abfällen aus industriellen Prozessen, Kraftwerken und Verbrennungsanlagen sowie Bau- und Abbruchabfälle (Bodenaushub und Bauschutt). In Bezug auf ihrer Menge stellt der Bodenaushub und Bauschutt den Größten Abfallstrom dar.

Um die Schädlichkeit der Verwertung mineralischer Abfälle zu bewerten, werden in Thüringen daher bis auf weiteres die Anforderungen der Mitteilung 20 der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (Stand 06.11.2003) sowie deren Teil III- Probenahme und Analytik (Stand 05.11.2004) zu Grunde gelegt. [5]

3.4.1 Teil I: Allgemeiner Teil

3.4.1.1 Anforderung an den Einbau von Mineralischen Abfällen

Beim Einbau von mineralischen Abfällen in baulichen Anlagen ist sicherzustellen, dass es nicht zur Besorgnis einer schädlichen Verunreinigung des Grundwassers, nicht zur Besorgnis des Entstehens einer schädlichen Bodenveränderung sowie zu keiner Schadstoffanreicherung kommt.

Um einen Teil der mineralischen Abfälle, welche Schadstoffe in einer Größenordnung enthalten, die die vorstehenden Anforderungen bei einem offenen Einbau nicht erfüllen, wird auch ein eingeschränkter Einbau mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen vorgesehen. Damit ergeben sich die Einbauklassen 0, 1 und 2.

Einbauklasse 0 beschreibt den uneingeschränkten Einbau von Bodenmaterialien in bodenähnlichen Anwendungen. Bei dieser Verwertung von Bodenmaterialien steht die Herstellung natürlicher Bodenfunktionen im Vordergrund. Daher darf hierfür unterhalb durchwurzelbarer Schichten ausschließlich humusarmes Bodenmaterial verwendet werden.

Einbauklasse 1 meint den eingeschränkten offenen Einbau. Der Abfall wird so eingebaut, dass er von Wasser durchsickert werden kann. Eingeschränkt wird der Einbau nur, da dieser nur in technischen Bauwerken verbaut werden darf. Darunter sind Anlagen zu verstehen, welche mit dem Boden verbunden sind und / oder mit mineralischen Abfällen hergestellt werden und technische Funktionen erfüllen. Hierzu gehören insbesondere Straßen, Wege, Verkehrs-, Industrie- und Gewerbeflächen einschließlich begleitender Erdbaumaßnahmen. Dies entspricht den Zuordnungswerten 1.1 und 1.2, welche beschreiben, welche Schadstoffkonzentration im Eluat bzw. welcher Schadstoffgehalt im Feststoff zulässig sind.

Einbauklasse 2 beschreibt den Einbau mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen. In diesem Fall wird der Abfall unter einer wasserundurchlässigen Deckschicht so eingebaut, dass er von Wasser nicht oder nur geringfügig durchsickert werden kann. Hierzu gehört der Straßen-, Wege- und Verkehrsflächenbau sowie bei Anlagen von befestigten Flächen in Industrie- und Gewerbegebieten als Tragschicht unter wasserundurchlässige Deckschichten, gebundene Tragschichten unter wenig durchlässigen Deckschichten und gebundene Deckschichten. Der Abstand zwischen dem höchsten zu erwartenden Grundwasserstand und der Schüttkörperbasis soll mindestens 1 m betragen. [5]

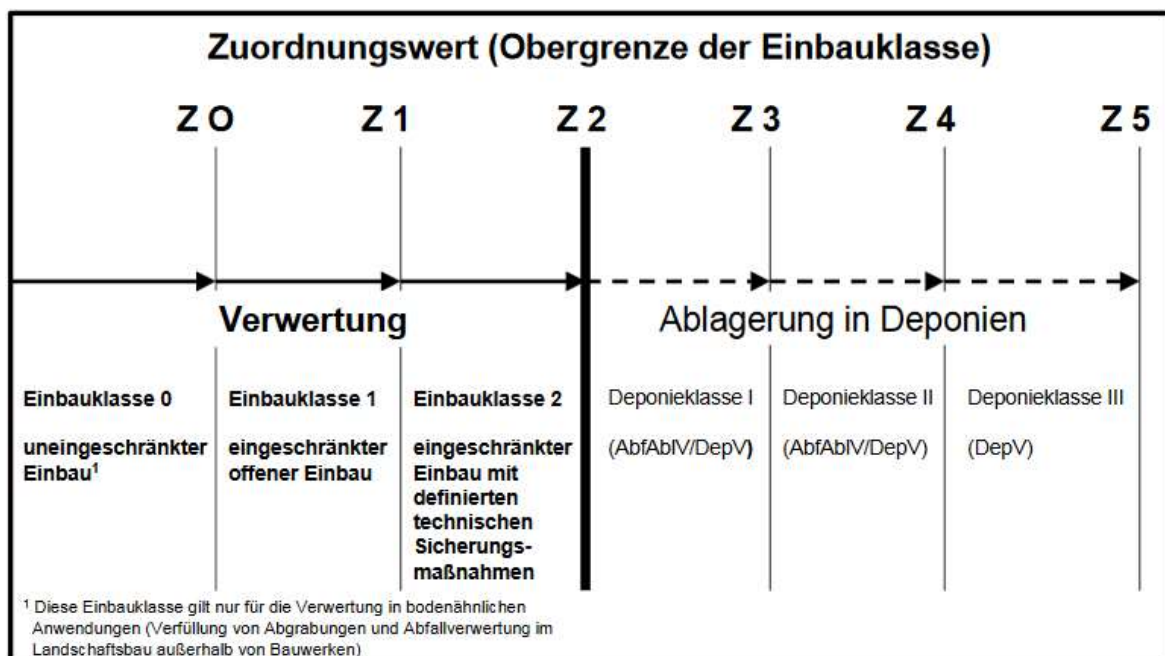


Abbildung 2 Darstellung der Einbauklassen (Länderarbeitsgemeinschaft Abfall Mitteilung 20, 06.03.2003)

3.4.1.2 Anforderungen an die Abfalluntersuchung und- bewertung

Vor einer Untersuchung und Bewertung eines Abfalls ist eine aussagekräftige Beschreibung der Herkunft und des geplanten Verwertungsvorhabens vorzulegen.

Außerdem sind bei der Untersuchung und Bewertung der zu verwertenden Abfälle folgende Randbedingungen einzuhalten. So ist die Probenanzahl und Probenmenge in Teil III benannt und nach stoffbezogenen Regelungen festgelegt. Die Abfälle, welche verwertet werden sollen, sind getrennt zu lagern. Sie dürfen grundsätzlich nicht vermischt werden, auch wenn sie den gleichen Abfallschlüssel aufweisen. Diese Abfälle sind in ihrer Gesamtheit zu untersuchen. Die Trennung einzelner Fraktionen ist grundsätzlich nicht zulässig. Abweichungen sind nur dann möglich, wenn diese nicht zu einer Verringerung des Schadstoffgehaltes führen. Sollten Fraktionen getrennt verwertet werden, sind diese auch getrennt zu untersuchen.

Um eine Gefährdung beurteilen zu können, reicht die Feststellung des Schadstoffgehaltes in der Regel nicht aus. Ausschlaggebend für die Bewertung einer Gefährdung sind vor allem die Mobilisierbarkeit und der Transfer von Schadstoffen. So sind die Parameter im Eluat, im Feststoff und ggf. unter Berücksichtigung anderer Parameter anhand von Analysen zu bewerten. Die Untersuchungsparameter sowie die Konzentration der jeweiligen Inhaltsstoffe im Eluat sowie im Feststoff werden stoffspezifisch in den Technischen Regeln festgelegt. [5]

3.4.1.3 Qualitätssicherung

Nach der LAGA Mitteilung 20 erfordert die Verwertung von Abfällen eine Qualitätssicherung. Es wird zwischen der Qualitätssicherung für die Zuordnung der Abfälle zu einer Einbauklasse auf der Grundlage der Analyseergebnisse und der Qualitätssicherung für den Einbau unterschieden. Der Abfallerzeuger/-behandler ist für die Einstufung der Abfälle einschließlich der dazu erforderlichen Untersuchungen verantwortlich. Die Qualitätssicherung im Rahmen des Einbaus obliegt dem Träger der Baumaßnahme.

Um die Anforderungen der LAGA gerecht zu werden, hat der Abfallerzeuger/-behandler die Abfälle vor der Verwertung auf deren Schadstoffbelastung zu untersuchen. Bei den Verfahren muss die Herkunft des verwertenden Materials unterschieden werden. So

unterscheidet man zwischen kontinuierlich anfallenden mineralischen Abfällen aus stationären Aufbereitungs- oder Industrieanlagen und unbehandeltem Bodenmaterial und aufbereitetem Abfall aus mobilen Aufbereitungsanlagen. Die Qualitätssicherung der mineralischen Abfälle aus stationären Anlagen wird in der folgenden Arbeit nicht betrachtet. [5]

3.4.2 Teil II Technische Regeln für die Verwertung

Diese Technischen Regeln gelten für die Verwendung und für die Verwertung folgender Abfall- Reststoffarten.

Abfallschlüssel	Abfallbezeichnung nach AVV
17 01 07	Gemische aus Beton, Ziegel, Fliesen und Keramik mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 01 06 fallen
17 03 02	Bitungemische mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 03 01 fallen
17 05 04	Boden mit Steinen mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 05 03 fallen
17 05 03*	Boden mit Steine, die gefährliche Stoffe enthalten
17 05 06	Baggergut mit Ausnahme desjenigen, die unter 17 05 05 fallen

Tabelle 1 Geltungsbereich LAGA (LAGA M 20 06.11.2003) in Verbindung mit AVV 2017

Abfall- und Reststoffarten wie Bodenaushub, Boden und Bauschutt fallen an bzw. entstehen bei Baumaßnahmen, der Altlastensanierung sowie als Folge von Schadenfällen mit umweltgefährdeten Stoffen. [6] [32]

3.4.2.1 Untersuchungskonzept

Durch Inaugenscheinnahme des Materials und Auswertung vorhandener Unterlagen kann überprüft werden, ob mit einer Schadstoffbelastung gerechnet werden muss. Auf der Grundlage der sich aus diesen Vorerkundungen ergebenden Erkenntnisse muss entschieden werden, ob zusätzliche analytische Untersuchungen notwendig sind. Diese sind nicht erforderlich wenn es keine Hinweise auf anthropogene Veränderungen und geogene Stoffanreicherungen vorliegen. Sowie geringe Mengen bis 200m³ von nicht

spezifisch belasteten Boden mit geringen Anteil (bis 10 Vol.-%) mineralischen Fremdbestandteilen vorhanden sind und diese in gleicher Tiefenlage eingebaut wird.

Chemische Untersuchungen sind erforderlich, falls die Vorerkundungen einen Verdacht auf Schadstoffbelastung bestätigen. Bei spezifischen Verdacht ist die Analytik auf die Schadstoffbelastungen auszurichten, die mit der Nutzung verbunden gewesen sein können bzw. den Schaden verursacht haben. Bei der Untersuchung von Altlastverdachtsflächen ist die fachspezifische Vorgehensweise anzuwenden. Das Mindestuntersuchungsprogramm ist durchzuführen, wenn es sich um einen allgemeine, unspezifische Verdacht, wie z.B. im Fall langandauernder, wechselnder gewerblicher Nutzung, handelt.

Aufgrund der Untersuchungsergebnisse ist unter Berücksichtigung der Zuordnungswerte zu entscheiden, ob der Boden nach den Anforderungen der Einbauklassen 0 bis 2 verwertet werden darf oder ob dieser die Bodenbelastungsparameter überschreitet und Zuordnungswerte größer 2 eingestuft werden muss. Das weitere Vorgehen ist in diesem Fall mit der zuständigen Behörde abzustimmen. [6]

Parameter	Boden ohne Fremdbestandteile		Boden mit mineralischen Fremdbestandteilen (bis 10 Vol.%)	
	Feststoff	Eluat	Feststoff	Eluat
Kohlenwasserstoffe	X		X	
EOX	X		X	
Arsen	X	X ¹⁾	X	X ¹⁾
Cadmium	X	X ¹⁾	X	X ¹⁾
Kupfer	X	X ¹⁾	X	X ¹⁾
Nickel	X	X ¹⁾	X	X ¹⁾
Quecksilber	X	X ¹⁾	X	X ¹⁾
Zink	X	X ¹⁾	X	X ¹⁾
Chlorid				X
Sulfat				X
pH-Wert	X	X ¹⁾	X	X ¹⁾
El. Leitfähigkeit		X		X
Organoleptische Prüfung	X		X	
HCl-Test (10%)	X		X	

Tabelle 2 Mindestuntersuchungsprogramm für Böden bei unspezifischem Verdacht (LAGA M20, 03.11.2003)

1) Wenn Feststoff > Z 0 oder pH-Wert im Feststoff < 5

3.4.2.2 Untersuchung von Bodenaushub mit mineralischen Fremdbestandteilen > 10 Vol.-%

Bodenaushub mit mineralischen Fremdbestandteilen > 10 Vol.-% sind Gemische, welche bedingt durch die Ausgangsmaterialien und / oder die Nutzung des Bauwerkes, mit unterschiedlichen Stoffen belastet sein können und deshalb auf die Eignung zur Verwertung zu untersuchen sind. Die Gemische können unterschiedlicher Herkunft sein, z.B. Bauschutt, Verbrennungsrückstände und oder Reststoffe/ Abfälle aus industrieller Produktion.

Das Untersuchungskonzept und der Umfang der durchzuführenden Untersuchungen sind anhängig davon, ob das Material als Gemisch oder getrennt in Fremdbestandteile und Bodenmaterial verwendet oder verwertet werden soll, von der Art der mineralischen Fremdbestandteile und mögliche Bodenverunreinigungen. Wenn es möglich ist, die einzelnen Materialkomponenten zu trennen, sind diese einzeln nach den Technischen Regeln zu untersuchen. Wird das Stoffgemisch nicht getrennt, ist es nach den Mindestuntersuchungsprogramm für Böden zu untersuchen und auf weitere bekannte Kontaminationen zu überprüfen.

3.4.2.3 Bewertung und Folgerungen für die Verwertung von Recyclingbaustoffen und nicht aufbereiteten Bauschutt

Bauschutt, welcher so hochwertig wie möglich verwertet werden soll, darf keine Verunreinigungen und / oder Fremdbestandteile enthalten, die in §2 Abs. 1 AbfG genannt werden oder die bautechnische Eignung beeinträchtigen und nicht entfernt werden können. Um diese Forderungen zu erfüllen sowie die Einhaltung einer gleichbleibenden Qualität des Endproduktes zu sichern, sollte der Aushub möglichst nach Stoffgruppen getrennt gewonnen werden.

Unter besonderen Bedingungen kann auch nicht aufbereiteter Bauschutt nach diesen Technischen Regeln verwendet werden. Recyclingbaustoffe und nicht aufbereiteter Bauschutt sollte vorrangig bei Baumaßnahmen im Hoch-, Erd-, Straßen- und Deponiebau verwendet werden. Dies ist jedoch von dem festgestellten Schadstoffgehalt abhängig. Die Zuordnungswerte Z 0 bis Z 2 stellen die Obergrenze der jeweiligen Einbauklassen bei der Verwendung dieser Materialien dar. Wird eine Schadstoffbelastung vor Aufbereitung von Bauschutt festgestellt, muss dieses Material mit dem Ziel der Schadstoffreduzierung behandelt werden. [6]

3.4.3 Teil III: Probenahme und Analytik

3.4.3.1 Grundsätze

Die Länderarbeitsgemeinschaft für Abfall gibt eine Anleitung mit Vorgaben an, welche für die Probennahme, der Probenvorbehandlung, der Analytik sowie bei der Beurteilung der Analyseergebnisse zu beachten sind. Es wird zwischen zwei verschiedenen Ebenen unterschieden. Der Probenahme des zu verwertenden Materials am Entstehungsort sowie die Probennahme im Zusammenhang mit der Kontrolle des angelieferten oder eingebauten Materials am Ort der Verwertung. Im Folgenden wird nur die Probenahme am Entstehungsort beschrieben.

Bei den durchzuführenden Untersuchungen ist die DIN-Norm 19698-1 zu beachten sowie die im Folgenden festgelegten Anforderungen an die Probenahme, -behandlung, und – analytik. Ihre Einhaltung ist Grundlage für den Vergleich gemessener Stoffkonzentration mit den Technischen Regeln festgesetzter Zuordnungswerten. [7]

3.4.3.2 Sach- und Fachkunde

Die Probennahme ist von Personen durchzuführen, die über die Durchführung von Probennahme erforderliche Sachkunde verfügt. Diese sind in DIN 19698-1 beschrieben und verweisen auf die LAGA Richtlinie PN 98. Weiterführend sind die analytischen Untersuchungen von einem Prüflabor mit Personen durchzuführen, welche über die erforderliche Fach- und Sachkunde verfügen. Dies ist erfüllt, wenn die Prüflaboratorien ihre Sach- und Fachkunde gemäß „Verwaltungsvereinbarung über den Kompetenznachweis und die Notifizierung von Prüflaboratorien und Messstellen im gesetzlich geregelten Umweltbereich“ nachgewiesen haben. [7]

3.4.3.3 Probenahme

Die Probenahme ist so durchzuführen, dass das zu beurteilende Material repräsentativ erfasst wird. Differenzierte wird vor allem an der Anzahl der zu entnehmenden Proben und die Wahl eines geeigneten Probenahmeverfahrens.

Bei der Festlegung des Probeentnahmegeräts ist darauf zu achten, dass die Probe nicht mit Substanzen kontaminiert wird, welche vom Entnahmegerät stammen. Außerdem sollte

das Material des Entnahmegerätes inert gegenüber den im untersuchenden Material befindlichen Substanzen sein.

Während der Probenentnahme ist ein Probenentnahmeprotokoll anzufertigen, welches die Verfahrensweise und Ergebnisse in geeigneter Weise dokumentieren. Dazu gehören der Zeitpunkt der Probennahme, Art der Probe, Entnahmegerät, Art der Probenahme und weitere Details der Entnahmedaten. [7]

Weitere Besonderheiten sowie Arbeitsschritte sind in der PN 98 beschrieben.

3.4.3.4 Probenbehandlung

Die Probe ist in einem dichten, lichtundurchlässigen, schließenden Gefäß zu transportieren und zu lagern, welches vor dem Einsatz sorgfältig zu reinigen ist. Empfohlen werden Glasgefäße, wobei auch Behälter aus Kunststoff verwendet werden können. Außerdem ist der gekühlte Transport ins Labor vorgeschrieben und eine umgehende Untersuchung ist zu veranlassen. Die Gewinnung der Analysenproben geht über die Schritte des Trocknens, Siebens und Zerkleinern der Proben. Wobei bei Bodenmaterial, welches bei Untersuchungen vor dem Aushub gewonnen wurde um mögliche Belastungen des auszuhebenden Bodens zu erkennen, keine Zerkleinerung notwendig ist. Bei natürlichen Böden wird lediglich die Kornfraktion unter 2mm der Analyse zugefügt. Dabei ist der Anteil an größeren Material nach Bestimmung seines Masseanteils zu verwerfen, sofern dieser nur aus festem, nicht porösen Gesteinsmaterial besteht. [7]

3.5 Probenahme nach LAGA M 32 (PN 98)

3.5.1 Allgemeines

Die Richtlinie dient der Vereinheitlichung des Deponierechts sowie der bestehenden Regelung der Abfallwirtschaft und wurde mit dem EU-Recht harmonisiert. Die Probenahme-, Vorbereitung-, und Analytikmethode wurde präzisiert und dem Stand der Technik angepasst. Die LAGA Richtlinie PN 98 ist in der Deponieverordnung gefordert und ist Voraussetzung für den Probenehmer. Die Sachkunde kann durch eine Teilnahme an einem Probennahme Lehrgang nach LAGA PN 98 erworben werden und muss bei Bedarf den Behörden vorgezeigt werden.

Die Probenahme ist so durchzuführen, dass das zu beurteilende Material repräsentativ erfasst wird. „repräsentativ“ Definiert weitestgehend die Durchschnittseigenschaften der Grundmenge des Prüfgutes. [8]

3.5.2 Probenahmeplan

Vor der Probenahme müssen die Fragen nach dem Ziel und Anlass der Untersuchung, der Herkunft des Abfalls, zu erwartende Schadstoffe, örtliche und zeitliche Schwankungen in der Verteilung sowie nach erforderlichen Arbeitsschutzmaßnahmen gestellt werden. Außerdem müssen vor Antritt der Probennahme folgende Gesichtspunkte berücksichtigt werden. So sind die örtlichen Gegebenheiten, Homogenität der Grundmenge, die Größe und Art der Grundmenge, die Abmessungen des Größtkorns, das Probenahmeverfahren und die Methoden der Probenahme zu klären. Außerdem ist die Anzahl und Verteilung der Einzelproben über die beurteilende Gesamtmenge festzulegen.

Das Material ist auf, falls es aus unterschiedlichen Teilchargen besteht, die z.B. Auffälligkeiten in Größe, Form, Stoffbestand, etc. zeigen abzutrennen und separat zu untersuchen. Gleiche Materialien unterschiedlicher Herkunft müssen ebenfalls getrennt charakterisiert werden. Nach Festlegung der Größe der zu beprobenden Chargen kann die Probennahme über die entsprechende Grundmenge erfolgen. [8]

3.5.3 Durchführung der Probenahme

Bei der praktischen Durchführung der Probenahme sind die Voruntersuchen der Homogenität / Heterogenität / Inhomogenität, Volumenbestimmung, Ermittlung des Größtkorn, die Festlegung der Mindestanzahl, das Mindestvolumen sowie das Verjüngen zur Laborprobe zu berücksichtigen.

Homogene Abfälle sind nach der TA Abfall alle flüssigen und pumpfähigen Abfälle, sowie Abfälle, deren Homogenität durch Sichtkontrolle prüfbar ist. Dazu gehören Staub, Filterstäube, aus Verbrennungsanlagen und Reaktionsprodukte aus Rauchgasreinigungsanlagen. Alle anderen Abfälle gelten als heterogen.

Zur Prüfung der Homogenität von Abfällen können jedoch weitere Abfalleigenschaften durch organoleptisch-sensorische Tests herangezogen werden. Falls jedoch eine oder mehrere der folgenden Eigenschaften innerhalb einer Grundmenge zu erkennen ist, sind diese entsprechender Teilchargen zu separieren und zu untersuchen. Das können Eigenschaften wie Farbgebung, Änderung der Stückverteilung, Konsistenz, Geruch oder Gasentwicklung sein.

Die Menge des zu prüfenden Abfalls ist ausschlaggebend für die Anzahl der zu entnehmenden Misch- und Sammelproben. Die Mengenbestimmung ist volumen- und / oder massenbezogen möglich, jedoch wird die Volumenbestimmung wegen der einfachen Berechnung bevorzugt.

Die Größtkomponente des Abfalls bestimmt prinzipiell das Mindestvolumen der Einzelprobe, sowie das Mindestvolumen der Laborprobe. Als Größtkomponente wird das in einer Grundmenge überwiegend vorkommende größte Korn bzw. Stück bezeichnet. Das Größtkorn überwiegt, wenn es den Massenanteil von 5% der Grundmenge überschreitet. Diese Fraktionen werden nur im Bedarfsfall als Einzelprobe untersucht. Zur Ermittlung der Größtkomponente ein geeignetes Siebsatz zu verwenden. Jedoch gibt es momentan keine einheitliche Regelung zur Bestimmung der Größtkomponente. Somit ist die Auswahl mit einer gewissen Unschärfe behaftet.

Die Mindestanzahl der Einzel-, Misch- und Sammelproben ist abhängig von dem Durchmischungsgrad, sowie dem Volumen oder der Masse, des zu prüfenden Gutes. Die Anzahl der Einzel- / Misch- / Sammel- und Laborproben sind in der folgenden Tabelle aufgelistet. [8]

Volumen der Grundmenge	Anzahl der Einzelproben	Anzahl der Mischproben	Anzahl der Sammelproben	Anzahl der Laborproben
bis 30 m ³	8	2	keine	2
bis 60 m ³	12	3	keine	3
bis 100 m ³	16	4	keine	4
bis 150 m ³	20	5	keine	5
bis 200 m ³	24	6	keine	6
bis 300 m ³	28	7	keine	7
bis 400 m ³	32	8	keine	8
bis 500 m ³	36	9	keine	9
bis 600 m ³	40	10	keine	10
bis 700 m ³	44	10+(1)	1	11
bis 800 m ³	48	10+(2)	1	11
bis 900 m ³	52	10+(3)	1	11
bis 1000 m ³	56	10+(4)	2	12
bis 1100 m ³	60	10+(5)	2	12
bis 1200 m ³	64	10+(6)	2	12
		Je angefangene 100 m ³ je eine Mischprobe	Je angefangene 300m ³ je eine Sammelprobe	Je angefangene 300 m ³ je eine Laborprobe

Tabelle 3 Mindestanzahl Proben in Abhängigkeit vom Prüfvolumen (LAGA PN 98, 2001)

Eine Einzelprobe definiert eine Probenmenge, welche bei einem einzelnen Probenentnahmevergange entnommen wird. Sie ist örtlich auf die Entnahmestelle begrenzt. Eine Mischprobe hingegen besteht grundsätzlich aus 4 Einzelproben welche durchmischt werden. Mit zunehmender Menge des Prüfvolumens steigt die Anzahl der Mischproben. Die gleichbleibende Homogenität des Prüfgutes kann ab einem Volumen von 700 m³ durch Erstellen einer Sammelprobe mit 3 Mischproben sichergestellt werden. Die Anzahl der Misch- und Sammelproben entspricht der Anzahl der Laborproben die verjüngt ins Labor überführt werden.

Um ein geeignetes Probennahmeverfahren zu wählen müssen Randbedingungen wie der Anfallsort, Abfallart sowie der Zeitliche und Finanzielle Rahmen geklärt werden. Zur Auswahl stehende Entnahmeverfahren sind die Entnahme von ruhenden Abfällen und die Entnahme aus bewegten Abfällen. Ruhende Abfälle sind beispielsweise Haufwerke. Diese

können mittels Schürfschlitzten bei Schüttkegeln und trapezförmigen Haufwerken, mittels Bohrstöcken oder Probenstecher oder über öffnen des Haufwerkes mittels Großgerät beprobt werden.

Die Entnahme von Einzelproben direkt von der Baggerschaufel, Greifer oder Radlader ist bei Erstellung bzw. Abbau von Haufwerken möglich. Die Mindestanzahl der zu entnehmenden Einzelproben und der daraus zu bildenden Mischprobe richtet sich dabei wieder nach der Größe des zu beprobenden Abfalls.

Der Ablauf der Probenahme erfolgt über den Schritt des Abstreifens von 5-10cm Oberfläche über das entnehmen von Material mit einem Probenstecher, Handschaufel oder Schaufel über die gesamte Tiefe der Baggerschaufel. Unterschiedliche bzw. auffällige Probenmaterialien sind zu separieren, getrennt zu beproben und getrennt zu analysieren. [8]

3.5.4 Vorbereitung der Misch- / Sammelprobe zur Laborprobe

Einzelproben, welche nach einem bestimmten Verfahren gewonnen wurden, müssen auf einer geeigneten Unterlage, welche sauber sein muss, vereint und durch intensives Vermischen homogenisiert werden.

Die Menge der Probe ,welche entnommen wurde, ist in der Regel größer als die benötigte Laborprobe. Diese kann bereits Vorort durch bestimmte Techniken reduziert werden. Es ist darauf zu achten, dass die Gerätschaften welche zur Probenteilung und Homogenisierung beitragen, die Probe nicht kontaminieren. Die Probenteilung kann geschehen mittels Fraktionierendes Schaufeln, Verjüngung durch Aufkegeln und Vierteln mittels Probenkreuz sowie Teilen mittels einem Probenstecher.

Beim Fraktionierenden Schaufeln wird eine Misch-/ Sammelprobe in eine Anzahl von Teilproben etwa gleicher Menge aufgeteilt. Dazu ist die ungefähre Menge der Misch-/ Sammelprobe zu bestimmen und ebenso die Anzahl n der Teilproben, in die sie aufzuteilen ist. Schaufelweise ist der Probe Material zu entnehmen und den Teilproben hinzuzufügen, bis die gesamte Materialmenge aufgebraucht ist. Am Ende soll jeder Haufen etwa die selbe Endprobenmenge enthalten, also mindestens so viel wie die Mindestlabormenge vorgibt. Ein oder mehrere Portionen werden nach dem verjüngen als Laborprobe zurückgehalten, der restliche Haufen ist zu verwerfen. Die Methode Fraktionierendes Schaufeln zum

Verjüngen einer Probe ist nur bei Probenmengen bestimmter Größe und weitgehend homogenem Material sinnvoll anwendbar.

Zum Verjüngen durch Aufkegeln und Vierteln mittels einem Probenkreuz werden die Einzelproben auf einer geeigneten Unterlage, mittels einer Schaufel, intensiv vermischt und zu einem Kegel aufgeschüttet. Dies soll 3-mal geschehen. Anschließend ist die Probe zu einem Kegelstumpf oder flacheren Haufen auszubreiten. Durch Vierteln dieses Haufens z.B. mittels Probenkreuz und Verwerfung der jeweils gegenüberliegenden Teilmengen, wird das Material bis zur Vorlage der gewünschten Teilmenge verjüngt.

Feinkörniges Gut kann mit dem Probenstecher verjüngt werden. Hierbei wird die Probe durch rühren in einem zylindrischen Behälter homogenisiert und anschließend die Oberfläche geglättet. Die Teilprobe wird durch Herausstechen an 5 bis 7 gleichmäßig verteilten Stellen entnommen.

Durch den Vorgang der Probenverjüngung kann es zu einer Veränderung des Prüfgutes kommen. So können hier Verluste leichtflüchtiger Bestandteile eintreten. Daher ist es zu empfehlen, Parallelproben in Form von Einzelproben zu entnehmen und direkt in entsprechende Gefäße zu überführen. [8]

4 Analytische Untersuchung

In der Tabelle 4 sind die Parameter aufgeführt welche Grundsätzlich bei einer LAGA Untersuchung im Feststoff bestimmt werden. Die Analyseverfahren geben an, nach welchen Richtlinien dies geschieht. Tabelle 5 zeigt die zu untersuchenden Parameter im Eluat. [3]

Parameter	Analyseverfahren
Farbe	verbale Beschreibung
Geruch	verbale Beschreibung
pH-Wert	DIN ISO 10390 : 2012-05
Trockenrückstand	DIN EN 14346 : 2007-03
Glühverlust	DIN EN 15169 : 2007-05
Königswasseraufschluss	DIN EN 13657 : 2003-01
Gesamter organisch gebundener Kohlenwasserstoff (TOC)	DIN EN 13137 : 2001-12
Cyanid	DIN ISO 11262 : 2012-04
Arsen Cadmium Chrom Kupfer Nickel Blei Thallium Zink	DIN EN ISO 11885 : 2009-09
Quecksilber	DIN EN ISO 12846 : 2012-08
Kohlenwasserstoffe	DIN EN 14039 : 2005-01 + LAGA
Extrahierbare organisch gebundene Halogene (EOX)	DIN 38414-17 : 2012-02
Leichtflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe	Nach VDI-Richtlinie
Benzol und Derivate (BTEX)	Nach VDI-Richtlinie

Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK nach EPA)	DIN ISO 18287
Polychlorierte Biphenyle (PCB)	DIN EN 15308 : 2016 - 12

Tabelle 4 Analytische Verfahren - Feststoffe (LAGA M20; 6.11.2003)

Parameter	Analyseverfahren
Eluaterstellung	DIN EN 12457-4 : 2003-01
pH - Wert	DIN EN ISO 10523
Elektrische Leitfähigkeit	DIN EN 27888
Gelöster organisch Kohlenwasserstoff (DOC)	DIN EN 1484:1997-08
Chlorid	DIN EN ISO 10304-1 : 2009-07
Sulfat	
Fluorid	
Cyanid leicht freisetzbar	DIN ISO 17380 : 2006-05
Ammonium	DIN 38406-5
Arsen	DIN EN ISO 11885 : 2009-09
Cadmium	
Chrom	
Kupfer	
Nickel	
Blei	
Thallium	
Zink	
Phenol – Index	DIN ISO 14402 : 1999 - 12
Quecksilber	DIN EN ISO 12846 : 2012-08

Tabelle 5 Analytische Verfahren - Eluate (LAGA M20; 06.11.2003)

4.1 Methoden zur Bestimmung der Einzelparameter in Feststoffen

4.1.1 Bestimmung des pH-Wert

Bei der Bestimmung des pH-Wertes wird auf die DIN EN 15933:2012-11 verwiesen. Diese beschreibt ein Verfahren in der ein pH-Wert zwischen 2 und 12 einer Suspension aus Schlamm, Bioabfall oder Boden gemessen werden kann. [9]

4.1.1.1 Benötigte Reagenzien und Geräte

Um den Versuch zur Bestimmung des pH-Wertes bei Schlämmen, behandelten Bioabfällen und frischen oder luftgetrockneten Bodenproben durchführen zu können werden folgende Reagenzien benötigt:

- Wasser der Qualität 2 nach EN ISO 3696
- Calciumchloridlösung
- Pufferlösung, zur Kalibrierung des pH-Messgeräts.

Hinzu kommen folgende Geräte:

- pH-Messgerät, auf zwei Nachkommastellen ablesbar
- Kombinierte Glaselektrode, bestehend aus pH-Messsensor und einem Temperatursensor
- Schüttel- oder Mischgerät
- Messlöffel
- Flasche aus Polyethylen oder Glas.

4.1.1.2 Durchführung

Um den pH-Wert messen zu können muss im Voraus eine Suspension hergestellt werden. Dafür muss mit einem Messlöffel eine Teilprobe von mindestens 5 ml in eine Probenflasche umgelagert werden. Im Anschluss wird das fünffache Volumen der Analyseteilprobe an Wasser oder Calciumchloridlösung hinzugegeben. Die Suspension wird mit einem Schüttel- oder Mischgerät 60Minuten $\pm$ 10 Minuten geschüttelt oder gemischt. Danach hat die Suspension mindestens eine, aber nicht länger als drei Stunden zu stehen.

Die Kalibrierung des pH-Messgeräts muss nach den Anweisungen des Herstellers sowie unter Verwendung der Pufferlösungen geschehen. Temperaturen von $20 \pm 2^\circ\text{C}$ sollten eingehalten werden.

Die Messung des pH-Wertes erfolgt in der Suspension während des Rührens oder unmittelbar danach bei einer Prüftemperatur von $20 \pm 2^\circ\text{C}$. Das Rühren sollte erfolgen, dass eine ausreichend homogene Suspension der Partikel entsteht, während der Zutritt von Luft vermieden werden soll.

Ein Analysebericht sollte angefertigt werden und folgende Angaben wie eine Verweisung auf diese Europäische Norm, die vollständige Identität der Probe, die Probenvorbereitung, das zum Herstellen der Suspension verwendete wässrige Medium sowie die Angabe der Ergebnisse welche auf eine Nachkommastelle genau angegeben werden müssen, enthalten. [9]

4.1.2 Trockenrückstand

Bei der Bestimmung des Trockenrückstand wird auf die EN 14346:2006 verwiesen, welche auf die EN 15002 „Charakterisierung von Abfällen – Herstellung von Prüfmengen aus der Laborprobe“ anknüpft.

Wasser welches üblicherweise in einer zu analysierenden Probe als Inhaltsstoff enthalten ist, sollte nicht als Bestandteil betrachtet werden. Die Ergebnisse einer Analyse werden in der Regel auf die Trockenmasse bezogen, die aus dem Wassergehalt oder dem Trockenrückstand berechnet werden kann. Beschrieben wird im Folgenden das Verfahren – Trocknung bei einer Temperatur von 105°C . [10]

4.1.2.1 Benötigte Geräte

Für den Versuch zur Bestimmung des Trockenrückstands mittels Trocknung bei einer Temperatur von 105°C werden folgende Geräte benötigt:

- Thermostatisch geregeltes Trocknungssystem, geeignet eine Temperatur von 105°C aufrecht zu erhalten,

- Exsikkator z.B. Silicagel,
- Analysewaage, mit einer Genauigkeit von mindestens 1mg,
- Abdampfschale oder Tiegel.

4.1.2.2 Durchführung und Berechnung

Die Abdampfschale oder Tiegel wird für 30 Minuten in den Thermoschrank oder Trocknungssystem gestellt und bei $105 \pm 3^\circ\text{C}$ erhitzt. Anschließend die Schale oder Tiegel im Exsikkator auf Umgebungstemperatur abkühlen lassen und auf eine Genauigkeit von 1mg wiegen. (m_a)

In Abhängigkeit vom erwarteten Trockenrückstand ist eine Probenmenge einzuwiegen welche ausreicht um einen Trockenrückstand von mindestens 0,5g zu erhalten. Die Probe ist in die Abdampfschale oder Tiegel auf eine Genauigkeit von 1mg genau zu wiegen. (m_b) Die Schale oder Tiegel wird so lange auf einer konstanten Temperatur von $105 \pm 3^\circ\text{C}$ gehalten bis die Probe trocken erscheint. Nach dem Abkühlen im Exsikkator wird die Probe gemeinsam mit dem Gefäß gewogen. (m_c)

Der Trockenrückstand ($m_c - m_a$) ist als konstant anzusehen, wenn die erhaltene Masse nach einer weiteren einstündigen Trocknung um nicht mehr als 0,5% von der zuvor erhaltenen Masse oder 2mg abweicht. Anderenfalls ist der Trocknungsvorgang zu wiederholen. [10]

4.1.2.3 Auswertung

Der Trockenrückstand (w_{dr}), angegeben als Massenanteil in Prozent oder Gramm je Kilogramm, wird nach der folgenden Gleichung berechnet:

$$w_{dr} = \frac{(m_c - m_a)}{(m_b - m_a)} * f$$

Dabei ist:

w_{dr} der Trockenrückstand der Probe, angegeben als Massenanteil in [%] oder Gramm je Kilogramm [g/kg];

m_a die Masse der leeren Schale oder des leeren Tiegel, angegeben in Gramm [g];

Analytische Untersuchung

- m_b die Masse der Schale oder des Tiegels mit der getrockneten Probe, angegeben in Gramm [g];
- m_c die Masse der Schale oder des Tiegels mit der getrockneten Probe, angegeben in Gramm [g];
- f der Umrechnungsfaktor; $f = 100$, um die Ergebnisse als Massenanteil in [%] anzugeben, und $f = 1000$, um die Ergebnisse in Gramm je Kilogramm [g/kg] anzugeben

Die Analyse ist mindestens zwei Mal durchzuführen, der Mittelwert wird berechnet und im Prüfbericht angegeben.

Die Trockenmasse, angegeben als Massenanteil in Prozent oder Gramm je Kilogramm, kann nach einer der folgenden beiden Gleichungen berechnet werden:

$$w_{dm} = w_{dr}$$

oder

$$w_{dm} = 100 - w_w$$

Dabei ist

- w_{dm} die Trockenmasse, angegeben als Massenanteil in Prozent [%] oder in Gramm je Kilogramm [g/kg]
- w_{dr} der Trockenrückstand, angegeben als Massenanteil in Prozent [%] oder Gramm je Kilogramm [g/kg]
- w_{dm} die Trockenmasse, angegeben als Massenanteil in Prozent [%] oder Gramm je Kilogramm [g/kg]
- w_w der Wassergehalt, angegeben in Prozent [%] oder Gramm je Kilogramm [g/kg].

Anschließend ist ein Prüfbericht zu erstellen der mindestens eine Verweisung auf die Europäische Norm sowie das Angewendete Verfahren, alle Daten die zur Identifizierung der Probe, die Ergebnisse und die berechnete Trockenmasse, sowie die Art und Technik des Trocknungsverfahrens enthalten. [10]

4.1.3 Glühverlust

Der Glühverlust dient bei Abfall, Schlamm oder Sedimenten oft als Schätzwert für den Gehalt an nicht flüchtigen organischen Bestandteilen. Die Europäische Norm EN 15169:2007 legt ein Verfahren zur Bestimmung des Glühverlustes fest in dem ein Anteil einer Probe in einem Laborofen bis zum Glühen erhitzt wird. Der Glühverlust wird aus der Differenz der Massen vor und nach dem Glühvorgang errechnet. [11]

4.1.3.1 Benötigte Geräte

Für den Versuch zur Bestimmung des Glühverlust werden folgende Geräte benötigt.

- Tiegel mit flachem Boden, geeignet zum Erhitzen bis 550°C
- Muffelofen oder gleichartiges Gerät, erhitzbar auf $550 \pm 25^\circ\text{C}$
- Exsikkator
- Analysewaage, mit einer Genauigkeit von 1mg
- Metallplatte

4.1.3.2 Durchführung

Die Bestimmung des Glühverlustes setzt die Bestimmung der Trockenmasse als Einzeluntersuchung voraus, welche an verschiedenen Teilen derselben Probe durchgeführt werden muss. Die Bestimmung des Trockenrückstands wurde in dem vorherigen Kapitel beschrieben.

Zur Vorbereitung des Versuches wird ein hitzebeständiger Tiegel in einem Muffelofen auf $550 \pm 25^\circ\text{C}$ für mindestens 20 Minuten erhitzt. Dieser ist im Anschluss auf einer Metallplatte zu lagern bis er in einen Exsikkator überführt werden kann um auf Umgebungstemperatur abzukühlen. Der leere Tiegel wird auf einer Analysewaage bis zur Massenkonstanz auf 1mg genau gewogen.

0,5g bis 5g der Probe werden auf 1mg genau in den Tiegel eingewogen. Größere Massen können gewählt werden, wenn eine vollständige Verbrennung dieses Probenmaterials auch bei höherer Beladung nachgewiesen werden kann.

Anschließend wird der Tiegel mit der Probe in dem Ofen für mindestens eine Stunde, bei $550 \pm 25^\circ\text{C}$, geglüht. Der heiße Tiegel wird aus dem Ofen entfernt und auf einer sauberen Metallplatte einige Minuten abgekühlt. Der noch warme Tiegel wird in einen Exsikkator überführt und auf Umgebungstemperatur abgekühlt. Nachfolgend wird die verglühte Probe mit Tiegel auf 1mg Genauigkeit gewogen. Der Versuch kann als abgeschlossen betrachtet werden, wenn in den wiederholenden drei Versuchen eine Massenkonstanz erreicht wird. [11]

4.1.3.3 Auswertung

Der Glühverlust W_{LOI} wird in Prozent des Gewichts der Trockenmasse angegeben. Wenn der Versuch an einer ungetrockneten Probe vorgenommen wird, wird das Ergebnis nach der folgenden Gleichung berechnet:

$$W_{LOI} = \left(\frac{m(b) - m(c)}{m(b) - m(a)} * 100 - (100 - w_{dm}) \right) * \frac{100}{w_{dm}}$$

Wenn der Trockenrückstand nacheinander mit der Bestimmung des Glühverlust bestimmt wurde, wird das Ergebnis nach der nachstehenden Formel berechnet:

$$W_{LOI} = \left(\frac{m(d) - m(c)}{m(d) - m(a)} * 100 \right)$$

Dabei ist:

W_{LOI} der Glühverlust der Probe in Prozent des Trockenrückstands oder der wasserfreien Probe;

w_{dm} der Trockenmassengehalt der Probe, in Prozent [%];

$m(a)$ die Masse des leeren Tiegels, in Gramm [g];

$m(b)$ die Masse des Tiegels mit der ungetrockneten Probe, in Gramm [g];

$m(c)$ die Masse des Tiegels mit dem Glührückstand, in Gramm;

$m(d)$ die Masse des Tiegels mit der getrockneten Probe, in Gramm [g].

Die Ergebnisse sind auf 0,1% Genauigkeit zu runden.

Der Glührückstand W_{ROI} einer Probe wird genau wie der Glühverlust in Prozent des Gewichts der Trockenmasse nach der folgenden Gleichung berechnet:

$$W_{ROI} = 100 - W_{LOI}$$

Dabei ist:

W_{LOI} der Glühverlust der Probe in Prozent [%] des Trockenrückstandes oder der wasserfreien Probe;

W_{ROI} der Glührückstand der Probe in Prozent des Trockenrückstandes oder der wasserfreien Probe.

Anknüpfend ist ein Prüfbericht zu erstellen die folgenden Angaben enthalten muss. So gehört ein Verweis auf die europäische Norm; alle Informationen, die für die vollständige Kennzeichnung der Bodenprobe erforderlich sind; die Ergebnisse; alle Einzelheiten, die nicht in der Europäischen Norm festgelegt sind, sowie alle Faktoren, die die Ergebnisse beeinflusst haben können sowie Angaben über Fremdkörper welche vor dem Versuch entfernt wurden sind, dazu. [11]

4.1.4 Gesamter organischer Kohlenstoff (TOC)

Die folgende Beschreibung zur Bestimmung des gesamten organischen Kohlenstoffs (TOC) bezieht sich auf die DIN EN 15936. Diese verweist auf die Anleitung der Probenvorbereitung von Schlamm, behandelten Bioabfall und Boden, DIN 16179.

Das indirekte Verfahren sowie das direkte Verfahren werden in der Die DIN EN 15936 zur Bestimmung des TOC beschrieben, wobei bloß das indirekte Verfahren für Schlamm, behandelten Bioabfall und Boden validiert ist. In diesem Verfahren wird der gesamte organische Kohlenstoff (TOC) als Differenz der Ergebnisse von Messung des gesamten Kohlenstoffs (TC) und des gesamten anorganischen Kohlenstoffs (TIC) bestimmt.

Durch Verbrennung in einem sauerstoffhaltigen, kohlenstoffdioxidfreien Gasstrom wird der in einer Probe enthaltene gesamte Kohlenstoff (TC) in Kohlenstoffdioxid umgewandelt. Die freigesetzte Menge des Kohlenstoffdioxids wird mittels Infrarotspektrometrie, Detektion

durch thermische Konduktivität, Flammenionisation nach Reduktion zu Methan oder durch Gravimetrie, Coulometrie, Konduktometrie gemessen.

An einer weiteren Teilprobe wird unabhängig vom gesamten Kohlenstoff (TC) der gesamte anorganische Kohlenstoff (TIC) durch Ansäuern und Ausblasen des freigesetzten Kohlenstoffdioxids bestimmt. Das Kohlenstoffdioxid wird mit Hilfe eines der oben genannten Verfahren gemessen. [12]

4.1.4.1 Benötigte Reagenzien und Geräte

Für den Versuch zur Bestimmung des organischen Kohlenstoffes werden folgende Reagenzien benötigt:

- Aluminiumoxid, Al_2O_3 , neutral, Korngröße $<200\mu\text{m}$, geglüht bei 600°C ;
- Nicht oxidierende Mineralsäure, zum Austreiben von Kohlenstoffdioxid, z.B. Phosphorsäure H_3PO_4 ;
- Trägergas, z.B. synthetische Luft, Stickstoff, Sauerstoff oder Argon, frei von Kohlenstoffdioxid und organischen Verunreinigungen;
- Calciumcarbonat
- Kaliumhydrogenphthalat

sowie nachstehender Geräte:

- Präzisionswaage;
- Gerät zum Ausblasen für die TIC Bestimmung z.B. Primacs^{MCS} add-on;
- Probeschiffchen oder Tiegel, z.B. aus Keramik, Quarzglas, Silber oder Platin.

4.1.4.2 Durchführung des indirekten Verfahrens

Zur Bestimmung des TOC hat die Probe trocken zu sein. Diese darf im Ofen getrocknet werden, wenn der Anteil flüchtigen Verbindungen mit Ausnahme von Wasser vernachlässigbar klein ist.

Um den TC Anteil zu bestimmen, ist eine möglichst große Masse von der Bodenprobe in ein geeignetes Gefäß einzuwiegen. Dieses darf, um den Blindwert von Kohlenstoff zu verringern im Vorfeld in einem Muffelofen erhitzt werden.

Anschließend ist die Probe in einem sauerstoffhaltigen Trägerstrom zu verbrennen oder zu zersetzen. Die Verbrennungstemperatur muss hochgenug sein, um den gesamten Kohlenstoff vollständig in Kohlenstoffdioxid umzuwandeln. In der Regel werden Geräte verwendet welche in einem Temperaturbereich von 900°C bis 1500°C arbeiten. Das bei der Analyse freigesetzte Kohlenstoffdioxid wird nach einem der Detektionsverfahren Infrarotspektrometrie, Gravimetrie, Coulometrie; Konduktometrie, Detektion durch thermische Konduktivität oder Flammenionisation nach Reduktion zu Methan umgewandelt und als Kohlenstoff angegeben

Der TIC wird über ein Gerät zum Ausblasen bestimmt. Hierbei ist das System gasdicht zu verschließen und mit Trägergas zu spülen, bis kein Kohlenstoffdioxid aus der Umgebungsluft mehr vorhanden ist.

Durch die Ansäuerung der Probe im IC Reaktor und das Ausblasen des aus Karbonaten wird das freigegebene CO₂ gemessen. Dies geschieht im Gerät und wird über die Software automatisch gespeichert. Anschließend wird der TOC Gehalt berechnet. Proben, die beständige Karbonate wie Zement enthalten, müssen mit heißer Säure behandelt werden, um eine vollständige Freisetzung von Kohlendioxid sicherzustellen.

Die Kalibrierung der Geräte ist notwendig und in regelmäßigen Intervallen durchzuführen. Beispiele für Kalibrierungssubstanzen, die für die Bestimmung des TC geeignet sind, sind Calciumcarbonat oder Kaliumhydrogenphthalat. [13]

4.1.4.3 Auswertung

Die Berechnung des TOC ist aus der Differenz der Mittelwerte des TC und des TIC nach Folgender Gleichung möglich:

$$m_{TOC} = m_{TC} - m_{TIC}$$

Dabei ist

m_{TOC} der TOC-Gehalt als Kohlenstoff in der ursprünglichen Probe, angegeben in Gramm je Kilogramm (g/kg);

m_{TC} der Mittelwert für den TC-Gehalt als Kohlenstoff in der vorbereiteten Probe, angegeben in Gramm je Kilogramm (g/kg);

m_{TIC} der Mittelwert für den TIC-Gehalt als Kohlenstoff in der vorbereiteten Probe, angegeben in Gramm je Kilogramm (g/kg)

Bei der Bearbeitung des Versuches ist ein Analysebericht zu erstellen, der folgende Angaben enthalten muss. So ist eine Verweis auf die Europäische Norm, die vollständige Identität der Probe, das angewendete Verfahren, Informationen zur Vorbereitung sowie alle Ergebnisse notwendig. [12]

4.1.5 Königswasseraufschluss

Der Königswasseraufschluss nach DIN EN 13657:2002 ist ein Aufschlussverfahren in der Analytischen Chemie. Dieses Verfahren eignet sich zur Extraktion von Elementen aus Abfällen, wobei der Aufschluss mit Königswasser nicht gänzlich in Lösung gebracht werden kann und an dieser Stelle das Resultat nicht den Gesamtgehalt der Elemente im Abfall darstellt. Dennoch sind die Resultate für die meisten umweltbezogenen Fragestellungen und Abfallcharakterisierung geeignet. Außerdem werden die durch das Königswasser lösliche Elemente als nicht eluierbar angesehen, da das Extraktionsverfahren zu stark ist, um natürliche Prozesse zu repräsentieren.

Das Verfahren ist zum Aufschluss von Abfällen anwendbar und für die Elemente Aluminium, Antimon, Arsen, Bor, Barium, Beryllium, Calcium, Cadmium, Chrom, Cobalt, Kupfer, Eisen, Blei, Magnesium, Mangan, Quecksilber, Molybdän, Nickel, Phosphor, Kalium, Selen, Silber, Schwefel, Natrium, Strontium, Zinn, Tellur, Titan, Thallium, Vanadium und Zink geeignet.. Im nachfolgenden wird nur der Aufschluss mittels Mikrowellengerät mit geschlossenen Gefäßen beschrieben, wobei die DIN 13657:2002 weitere Aufschlussverfahren mit halboffenen Gefäßen sowie mit thermischen Aufschluss beschreibt. [13]

4.1.5.1 Benötigte Geräte

Für den Königswasseraufschluss werden folgende Geräte benötigt:

- Messkolben mit Skaleneinteilung und Pipetten von entsprechender Größe;
- Filtereinrichtung von geeigneter chemischer Beständigkeit und Reinheit;
- Analysewaage, Fehlergrenze 0,1mg;
- Mikrowellengerät mit programmierbarer Leistungsaufnahme mit Nennleistung von 600W bis 1200W;
- Aufschlussgefäße mit Überdruckventil;

Sowie die nachstehenden Chemikalien mit dem angegebenen Reinheitsgrad:

- Salzsäure (HCl): 35% bis 37% (Massenanteil);
- Salpetersäure (HNO₃): 65% bis 70% (Massenanteil);
- Verdünnte Salpetersäure: $c(\text{HNO}_3) = 0,5 \text{ mol/l}$

4.1.5.2 Durchführung für den Aufschluss mittels Mikrowellengerät in geschlossenen Gefäßen

Es sind zwischen 0,2g bis 0,5g der Probe, auf einer Genauigkeit von 0,1mg, in geeignetes Gefäß zu überführen. Anschließend sind einzeln 6ml Salzsäure und 2ml Salpetersäure zugegeben. Falls eine heftige Reaktion abläuft, ist das Gefäß unverschlossen stehen zu lassen bis der Vorgang abgeklungen ist. Anschließend sind die Aufschlussgefäße in das Mikrowellengerät gestellt und unter folgenden Aufschlussprogramm gestartet.

Zeit in Minuten	Leistung in Watt
2	250
2	0
5	250
5	400
5	500

Tabelle 6 Leistungsprogramm

Handelsübliche Mikrowellengeräte können eine große Anzahl von Probenpositionen enthalten, wobei das obenstehende Leistungsprogramm für 6 Proben vorgesehen ist. Falls nicht alle Positionen besetzt werden, sind die leeren Positionen entweder mit Blindproben oder Duplikaten zu besetzen oder das Programm muss der entsprechenden Anzahl an Proben angepasst werden.

Nach Ablauf des Programms lässt man die Gefäße auf Raumtemperatur abkühlen. Es muss überprüft werden, ob nach dem Aufschlussvorgang keine Verluste an Aufschlusslösung aufgetreten ist. Anderenfalls sind die Proben zu verwerfen. Anschließend sind die Proben unter einem Abzug zu öffnen und der Inhalt in einem geeigneten Messkolben zu überführen. Falls die aufgeschlossene Probe Teilchen enthält, die den Zerstäuber des Analysegeräts verstopfen oder bei der Injektion der Probe in das Analysegerät stören könnte, darf die Lösung zentrifugiert, absetzen gelassen oder filtriert werden.

Die von dem Prüflabor vorgenommenen Arbeiten müssen in einem Prüfbericht festgehalten werden und Angaben wie den Verweis auf die Norm; Name, Adresse des Labors; die

eindeutige Identifizierung der Laborprobe sowie wesentliche Angaben zum Aufschlussverfahren enthalten. [13]

4.1.6 Bestimmen von Arsen, Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel, Blei, Thallium und Zink

Die DIN EN ISO 11885:2009-09 legt ein Verfahren zur Bestimmung von gelösten Elementen, Elemente die an Partikel gebunden sind und des Gesamtgehalts an Elementen in verschiedenen Wässern, fest. Die Grundlage des Verfahrens ist die Messung einer Lichtemission mittels einer optischen spektroskopischen Technik. Die Proben werden zerstäubt und das dabei erzeugte Aerosol wird in eine Plasmafackel transportiert. Dort werden die Elemente entsprechend angeregt. Mittels eines durch induktive Hochfrequenz-Kopplung

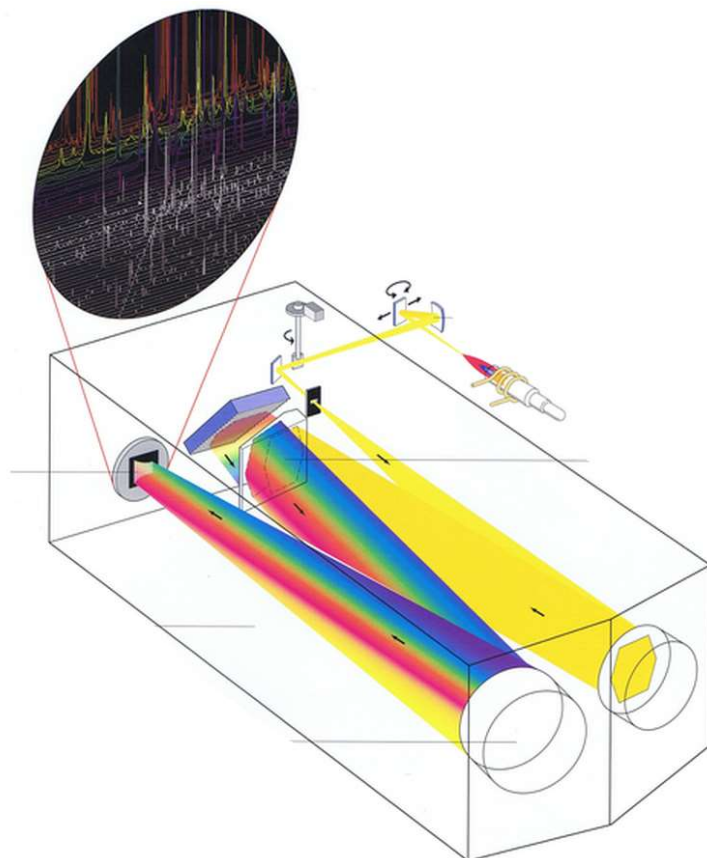


Abbildung 3 Schema des Spiegelsystems (Leibnitz Universität; 20.08.2018)

erzeugten Plasmas werden charakteristische Emissionsspektren erhalten. Die Spektren werden durch eine Gitterspektrometer in Linien zerlegt und diese werden mittels eines Detektors beobachtet. Die vom Detektor erzeugten Signale werden mit einem Computersystem verarbeitet und überwacht.

Damit können die Elemente Aluminium, Antimon, Arsen, Barium, Beryllium, Bismut, Bor, Cadmium, Calcium, Chrom, Cobalt, Kupfer, Gallium, Indium, Eisen, Blei, Lithium, Magnesium, Mangan, Molybdän, Nickel, Phosphor, Kalium, Selen, Silicium, Silber, Natrium,

Strontium, Schwefel, Zinn, Titan, Wolfram, Vanadium, Zink und Zirkon in einer Probe bestimmt werden. [14]

4.1.6.1 Benötigte Reagenzien und Geräte

Für den Versuch zur Bestimmung von den obenstehenden Elementen werden folgende Reagenzien benötigt:

- Wasser der Qualität 1 nach ISO 3696;
- Salpetersäure;
- Wasserstoffperoxid;
- Salzsäure;
- Ammoniumsulfat.
- zwischenverdünnten gemischten Standardlösungen
- Reagenzien-Blindwert-Lösung

Außerdem werden nachstehende Geräte benötigt:

- Optisches Emissions-Spektrometer mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP);
- Argon-Gasversorgung;
- Messkolben;
- Erlenmeyerkolben mit Pipetten;
- Filtrationsausrüstung;
- Zerstäuber;
- Massenfluss-Regler;
- Aufbewahrungsflaschen.

4.1.6.2 Durchführung

Um den Gesamtgehalt der Elemente zu bestimmen, wird ein Aufschluss mit Salpetersäure empfohlen außerdem kann auch Königswasser verwendet werden. Da aber einige Elemente in ihrer Verbindung nicht vollständig gelöst werden, kann der Rückstand für die nachfolgende Analyse in Flusssäure gelöst werden. Jedoch haben Erfahrungen gezeigt, dass Elemente ohne Aufschluss quantitativ wiedergefunden werden und daher der Aufschluss weggelassen werden kann.

Die Proben sind nach den Anweisungen des Herstellers des Geräts vorzubereiten. Das Gerät anhand der Anweisungen des Herstellers mit den passenden Arbeitsbedingungen und –<Parametern einzurichten und abwarten, bis es thermisch stabil läuft. Es ist mit zwischenverdünnten gemischten Standardlösungen zu justieren und kalibrieren. Jetzt kann mit dem Probenlauf begonnen werden, wobei zwischen jeder Probe mit der Reagenzien-Blindwert-Lösung gespült werden muss.

Mithilfe der Gerätesoftware wird die Massenkonzentration für jedes Element berechnet. Die Ergebnisse sind mit so vielen Stellen wie möglich anzugeben jedoch nicht mehr als 3 signifikante Stellen nach dem Komma.

Der Analysebericht dieses Versuches hat folgende Informationen zu beinhalten. So ist der Hinweis auf die verwendete Norm, die identifizierte Probe, die Angaben der Ergebnisse, sowie die Probenvorbereitung, falls zutreffend, notwendig. [14]

4.1.7 Gesamtcyanid

Zur Bestimmung des Gesamt Cyanid Gehaltes wird auf die DIN ISO 11262:2012-04 verwiesen. Diese beschreibt ein Verfahren, in dem eine Probe mit Orthophosphorsäure behandelt wird und der freigesetzte Cyanwasserstoff durch einen Luftstrom transportiert und in Natriumhydroxid-Lösung mit einer Konzentration von 1Mol/l absorbiert wird. Zinn(II)- und Kupfer(II) salze werden hinzugefügt, um die Störungen durch Schwefelverbindungen zu unterdrücken und die Zersetzung von komplexgebundenen Cyaniden während des Destillationsprozesses zu katalysieren. Das freigesetzte Cyanid wird entweder durch ein photometrisches Verfahren oder ein titrimetrisches Verfahren unter Verwendung eines Indikators bestimmt. Das Verfahren ist auf alle Bodenarten anwendbar.

Die Anwendungsgrenze dieses Verfahren liegt bei 0,5mg/kg Gesamtcyanid für die photometrische Bestimmung und bei 10mg/kg für die titrimetrische Bestimmung. [15]

4.1.7.1 Benötigte Reagenzien und Geräte

Für die Freisetzung und Absorption von Cyanid werden folgende Reagenzien benötigt:

- Orthophosphorsäure, $w(\text{H}_3\text{PO}_4)$;
- Natriumhydroxid-Lösung, $c(\text{NaOH})$;

- Salzsäure-Lösung, $c(\text{HCl})$;
- Zinn(II)-chlorid-Lösung ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$).

Sowie folgende Reagenzien für die photometrische Bestimmung von Cyanid:

- Natriumhydroxid-Lösung, $c(\text{NaOH})$;
- Essigsäure;
- Lösung des Natriumsalzes von N-Chlor-4-methylbenzolsulfonamid;
- Farbstoffreagenz;
- Kaliumcyanid-Stammlösung mit 100mg/l Cyanidionen;
- Para-Nitrophenol, 0,1% m/V in Ethanol

Für die Freisetzung und Absorption und Bestimmung von Cyanwasserstoff werden folgende Laborausrüstung benötigt:

- Apparatur für die Freisetzung und Absorption von Cyanwasserstoff siehe Abbildung 4
- Saugvorrichtung, mit Pumpe zum saugen von bis zu 30l/h
- Photometer
- Magnetführer

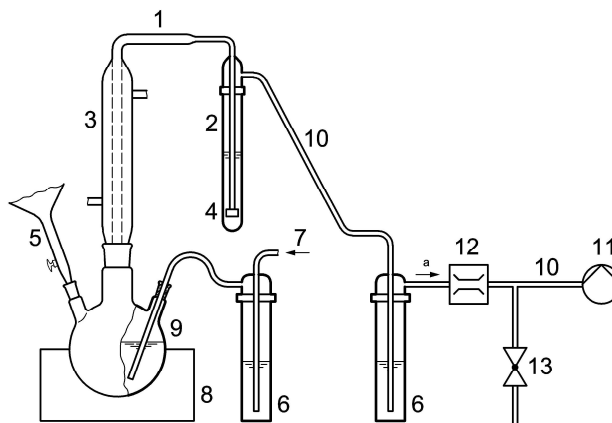


Abbildung 4 Apparatur für die direkte Freisetzung von Cyanid aus Böden (DIN ISO 11262:2012-04)

Legende

- | | | | |
|---|------------------|----|--------------------|
| 1 | Überführungsrohr | 8 | Heizvorrichtung |
| 2 | Absorptionsgefäß | 9 | 500-ml-Rundkolben |
| 3 | Liebigkühler | 10 | Kunststoffschlauch |
| 4 | Glasfritte | 11 | Pumpe |

5	Tropftrichter	12	Durchflussmessgerät
6	Gaswaschflasche nach Drechsel	13	Feinregulierventil
7	Röhrchen zur Lufteinleitung	a	Fließrichtung

4.1.7.2 Durchführung der direkten Freisetzung unter Verwendung von Orthophosphorsäure

Die Probe ist 48h nach der Entnahme zu analysieren und während dieser Zeit kühl, luftdicht und lichtgeschützt zu lagern. Sie darf vor der Analyse nicht geöffnet werden. Eine Korngrößenverkleinerung ist wegen des schnellen Zersetzens nicht ratsam, bei inhomogenen Proben sind eher zwei parallele Bestimmungen durchzuführen.

Ein Absorptionsgefäß mit 40ml Natriumhydroxid-Lösung mit der Freisetzungseinheit zu verbinden. Etwa 10g Trockenmasse ist von der feldfeuchten Probe auf 0,1g Genauigkeit in den Dreihals-Rundkolben einzuwiegen und mit 160ml Wasser aufzufüllen. Die Pumpe ist einzuschalten und der Gasstrom einzustellen. 2ml Zinn(II)-chlorid-Lösung, gefolgt von 10ml Kupfer(II)-sulfat-Lösung sind über den Tropftrichter zu der Probe zu geben. Der Kolben ist mit einer kleinen Menge Wasser zu waschen. Wobei sicherzustellen ist, dass eine kleine Menge Wasser im Tropftrichter verbleibt, um dessen Dichtheit aufrecht zu erhalten. Die Saugleistung der Pumpe ist so einzustellen, dass ein Gasstrom erhalten wird, der sicherstellt, dass der gesamte freigesetzte HCN in das Absorptionsgefäß überführt wird.

20ml Orthophosphorsäure sind über den Tropftrichter hinzuzufügen und anschließend mit 6ml Wasser zu spülen, wieder ist darauf zu achten, dass Wasser im Schlauch verbleibt um die Dichtheit des Systems zu gewähren. Der Kolben ist langsam ist erwärmen und der Rückfluss von 120 ± 10 Minuten aufrecht zu erhalten. Nach den 2 Stunden und mäßigen Erhitzen unter Rückfluss ist das partielle Vakuum im Reaktionskolben durch langsames Öffnen des Hahns am Tropftrichter zu entlasten.

Anschließend ist das Gasröhrchen des Absorptionsgefäßes aus der Natriumhydroxid-Lösung, die jetzt die Cyanikationen vom Gesamtcyanid enthält, zu entnehmen und das Röhrchen ist mit 5ml Wasser zu spülen. Das Absorptionsgefäß ist zu entnehmen, der Inhalt ist quantitativ in einen 50ml Messkolben zu überführen. Die Lösung ist dunkel und bei einer Temperatur von unter 10°C zu lagern bis eine Bestimmung des Cyanids Gehalt durchgeführt wird. Parallel ist dieser Vorgang mit einer Blindprobe durchzuführen. Hier wird die Probe jedoch durch 10ml Cyanidfreies Wasser ersetzt. [15]

4.1.7.3 Bestimmung von Cyanid-Photometrisches Verfahren

Das Verfahren über die Photometrie ist Anwendbar für ein 20ml Aliquot, dieses gibt Konzentrationsergebnisse zwischen 0,1mg/l und 1,0mg/l an. Wobei bei einer zu hohen Konzentration das Aliquot mit NaOH Absorptionslösung mit dem Teilen 1:1 verdünnt werden kann.

Wenn eine feldfeuchte Probe von 10g Masse verwendet wird und ein Aliquot von 20ml der Absorptionslösung entnommen wird und der Konzentrationsbereich der NaOH-Absorptionslösung von 0,1mg/l bis 1,0mg/l reicht, entspricht das 0,5mg/kg bis 5mg/kg bezogen auf die feldfeuchte Probe.

Mit einer Pipette sind 20ml der Absorptionslösung in 50ml Messkolben zu überführen und mit 2 Tropfen para-Nitrophenol aufzufüllen. Anschließend ist unter Rühren vorsichtig und Tropfenweise Essigsäure mit einem Volumenanteil von 20% hinzuzufügen, bis die gelbe Farbe von der para-Nitrophenol zu farblos umschlägt. Anschließend sind 2ml Chloramin-T-Lösung hinzuzufügen und für die nächsten 5 Minuten unter dem Verschluss eines Stopfens stehen zu lassen. Anschließend werden 6ml Farbreagens hinzuzugeben. Der Kolben ist bis zur 50ml Markierung mit Wasser aufzufüllen und zu mischen. Die Extinktion ist bei 606nm in einer Küvette mit einer optischen Weglänge von 10mm gegen Wasser als Vergleichsprobe zu messen. Die Messung ist 20 Minuten nach der Zugabe des Farbstoffreagens durchzuführen. Anschließend ist die Absorptionslösung des Blindversuches auf dieselbe Weise zu messen.

Anschließend ist eine Kalibrierkurve zu erstellen. Hier sind mit einer Pipette 0ml, 2,5ml, 5ml, 10ml, 20ml und 25ml der 10mg/l-Kaliumcyanid-Cyanid-Lösung in einer Reihe von sechs 250ml Messkolben zu überführen und mit einer 0,8mol/l Natriumhydroxid-Lösung bis zur Marke aufzufüllen und zu mischen. Anschließend ist diese zu messen und die Extinktion von der Menge Cyanid in den Lösungen, in Gramm grafisch darzustellen.

Der Gehalt an Cyanid, angegeben als Massenanteil in Milligramm je Kilogramm, ist nach der folgenden Gleichung zu berechnen:

$$w_{CN} = \frac{(m_a - m_b) * V_1 * 1000}{V_2 * m * C} * f_1 * \frac{1}{F_{rc}}$$

Dabei ist:

- w_{CN} der Massenanteil von Cyanid in der Bodenprobe, bezogen auf die Trockenmasse, in Milligramm je Kilogramm (mg/kg);
- m_a die Masse von Cyanid im analysierten Aliquot der Absorptionslösung von 20ml, entnommen aus der Kalibrierkurve, in Milligramm;
- V_1 das Volumen der Absorptionslösung, in Milliliter (ml);
- V_2 das Volumen des analysierten Aliquot der Absorptionslösung, in Milliliter (ml);
- m die Masse des analysierten Aliquot der Absorptionslösung, in Milliliter (ml);
- C der Korrekturfaktor für die Umrechnung der feldfeuchten in die trockene Bodenprobe, $C=100/(100+w_{H_2O})$
- f_1 der Faktor zur Berücksichtigung einer Verdünnung der Absorptionslösung (falls erforderlich), um die Cyanidkonzentration der verdünnten Lösung im Messbereich zu erhalten, ansonsten ist $f_1=1$;
- F_{rc} der Wiederholungsfaktor der Destillationsapparatur.

Es muss zusätzlich ein Prüfbericht erstellt werden, der Angaben über den Verweis auf die Norm DIN ISO 11262:2012-04, die vollständige Identifizierung der Probe, eine Verweisung auf das angewendete Verfahren sowie die Ergebnisse der Bestimmung enthalten. [15]

4.1.8 Kohlenwasserstoffe

In dem folgenden Abschnitt wird die Vorgehensweise zur Bestimmung des Gehalts an Kohlenwasserstoffen von C10 bis C40 mittels Gaschromatographie beschrieben. Es wird dabei auf die DIN EN 14039:2004 verwiesen.

Kohlenwasserstoffe sind im wesentlichen Bestandteile vieler Arten von Abfall und verunreinigtem Boden. Sie sind organische Verbindungen, die aus Kohlenstoff und

Wasserstoff bestehen und bei Verbrennungsprozessen Energie freisetzen. Beispiele sind Gase wie Methan, Flüssigkeiten wie Erdöl und Benzin sowie Feststoffe wie Paraffin.

In dem Versuch wird eine bekannte Menge homogenisierter Abfallprobe mit Aceton/n-Heptan durch mechanisches Schütteln oder Ultraschall extrahiert. Die organische Phase wird abgetrennt und zweimal mit Wasser ausgeschüttelt. Polare Verbindungen werden durch Chromatographie an Florisil entfernt. Eine aliquote Menge des gereinigten Extraktes wird mittels Kapillargaschromatographie mit Flammenionisationsdetektion analysiert. [16]

4.1.8.1 Benötigte Reagenzien und Geräte

Für den Versuch zur Bestimmung des Kohlenwasserstoffs werden folgende Reagenzien benötigt:

- Aceton, $(\text{CH}_3)_2\text{CO}$;
- n-Heptan, C_7H_{16} ;
- Florisil zur Vorbereitung der Reinigungssäule;
- Kohlenwasserstoff-Standardlösung für die Kalibrierung
- Kontrolllösung.

Sowie folgende Geräte:

- Übliche Laborgeräte aus Glas, die vor dem Gebrauch ausgeheizt oder mit Aceton gespült und getrocknet werden müssen;
- Extraktionsgerät, mechanischer Schüttler oder Ultraschallbad;
- Gaschromatograph, ausgestattet mit einem nicht diskriminierenden Einspritzsystem, einem Flammenionisationsdetektor und einem temperaturprogrammierbaren Wärmeschrank;
- Kapillarsäule;
- Glasextraktionsgefäß;
- Glasröhrchen;
- Scheidetrichter.

4.1.8.2 Durchführung

Mit jeder Probenreihe muss eine Blindbestimmung durchgeführt werden. Wobei alle Reagenzien in gleicher Menge, jedoch ohne Probe verwendet werden. Wenn die blindwerte

außergewöhnlich hoch sind, ist jeder Verfahrensschritt zu prüfen, um den Grund für den hohen Blindwert zu finden.

Das Extraktions- und Reinigungsverfahren verläuft über das einwiegen einer homogenisierten 20g Probe in ein Glasextraktionsgefäß, welche auf 0,1g Genauigkeit eingewogen und anschließend mit 40ml Aceton versetzt wird. Die Probe ist kurz mit der Hand zu schütteln und 20ml der RTW-Standardlösung ist hinzuzugeben. Die Probe wird durch einstündiges Schütteln extrahiert. Nach dem Absetzen der festen Stoffe wird von dem Überstand so viel wie möglich in einen Scheidentrichter überführt. Das Aceton wird durch zweimaliges Waschen der organischen Phase mit 100ml Wasser entfernt. Die organische Phase wird in einem Glasröhrchen gesammelt. Anschließend wird Natriumsulfat in einer ausreichenden Menge hinzugegeben, so dass keine Klumpen mehr gebildet werden.

10ml des Extrakts werden auf eine mit Florisil gefüllte Reinigungssäule gegeben. Es wird das gesamte gesammelte Eluat gesammelt, bis eine aliquote Menge des Extrakts in eine GC-Glasflasche überführt werden kann, um mittels Gaschromatographie analysiert zu werden..

Die Blindproben, Probenextrakte, Kohlenwasserstoff-Standardlösung und die Kontrolllösungen werden unter identischen gaschromatographischen Bedingungen in dem kalibrierten Gerät gemessen. In jeder Probenreihe ist das n-Heptan zu analysieren. Das erhaltene Chromatogramm wird zur Korrektur der Chromatogramme der Blindprobe, der Probenextrakte, der Kalibrierstandards und der Kontrolllösung hinsichtlich des Säulenblutes vor der Integration verwendet.

Im Gaschromatogramm wird die gesamte Fläche zwischen den Peaks von n-Decan C10 und n-Tetracontan C40 integriert.

Der Kohlenwasserstoffgehalt der Probe wird letztendlich mit der folgenden Gleichung berechnet:

$$w = p * \frac{V_h}{m} * \frac{100}{100 - w_w}$$

$$p = \frac{A_s - b}{a}$$

Dabei ist

- w der Kohlenstoffgehalt der Probe, in Milligramm je Kilogramm (mg/kg) Trockenmasse;
- p der aus der Kalibrierfunktion berechnete Kohlenwasserstoffgehalt des Extraktes, in Milligramm je Liter (mg/l);
- A_s die integrierte Peakfläche des Probenextraktes, in vom Gerät abhängigen Einheiten;
- b der Abschnitt an der y-Achse, in vom gerät abhängigen Einheiten;
- a die Steigung der Kalibrierfunktion, in Liter je Milligramm (l/mg);
- V_h das für die Extraktion benutzte Volumen von n-Heptan, in Millilitern (ml);
- m die Masse der für die Analyse entnommenen Probe, in Gramm (g);
- w_w der Wassergehalt der analysierenden Probe, als Massenanteil in Prozent.

Das Ergebnis wird auf die zweite signifikante Stelle gerundet.

Der Analysebericht hat Angaben zur verwendeten Norm, die vollständige Identifikation der Probe sowie die Ergebnisse zu enthalten. [16]

4.1.9 Extrahierbare organisch gebundene Halogene (EOX)

Die DIN 38414-17:2017-01 legt ein Verfahren zur Untersuchung von extrahierbaren organisch gebundenen Halogenen in Schlämmen und Sedimenten fest, ausgedrückt in Chlor. Der Gehalt an extrahierbaren organischen gebundenen Halogenen wird bestimmt und als Massenanteil angegeben. Die untere Anwendungsgrenze liegt bei 0,2mg Chlor je Kilogramm Trockenmasse.

Die Funktionsweise dieses Versuches beläuft sich darauf, dass die extrahierbaren organisch gebundenen Halogene gefriergetrocknet, extrahiert und mit z.B. Hexan erfasst und im Sauerstoffstrom verbrannt werden. Dabei werden die organisch gebundenen Halogene zu Halogenwasserstoff umgesetzt, deren Massenanteil bestimmt wird. [17]

4.1.9.1 Benötigte Reagenzien sowie Geräte

Für den Versuch zur Bestimmung der organisch gebundenen Halogene werden folgende Reagenzien verwendet:

- Wasser, der Qualität 1 nach ISO 3696;
- N-Hexan;
- Isohexan, C_6H_{14} ;
- Cyclohexan, C_6H_{12} ;
- Stickstoff, N_2 ;
- Sauerstoff, O_2 ;
- Decachlorbiphenyl, $C_{12}Cl_{10}$;
- Salzsäure, $p(H_2SO_4)$.

Sowie folgende Geräte:

- Analysewaage;
- Gerät zur Halogenidbestimmung, z.B. Mikrocoulometer
- Trockenschrank;
- Tiefkühlschrank;
- Exsikkator;
- Extraktionsapparatur;
- Rotationsverdampfer mit Vakuumkonstanthalter.

4.1.9.2 Durchführung

Für den Versuch ist der Trockenrückstand an einer separaten Teilprobe zu bestimmen. Die homogene Probe tiefgefrieren und anschließend bis zur Gewichtskonstanz gefriertrocknen. Anschließend ist die gefrorene Probe mit einer geeigneten Mahlvorrichtung auf $\leq 2\text{ mm}$ Korngröße zu zerkleinern, alternativ darf die Probe an der Luft bei einer Temperatur von höchstens 40°C getrocknet werden.

Um die getrocknete Probe zu extrahieren wird eine definierte Masse, z.B. 20g, mit 75ml n-Hexan mindestens für 100 Extraktionszyklen in einem Soxhlet-Extraktor extrahiert. Das Extrakt wird anschließend im Rotationsverdampfer auf ein Volumen von etwa 10ml eingengt, in einen Messkolben überführt und mit Lösemittel bis zur Marke aufgefüllt.

Zur Ermittlung des Blindwertes werden dieselben Schritte durchgeführt bloß ohne Probe.

Um den EOX-Gehalt zu messen wird das Gerät nach Angaben des Herstellers kalibriert und Salzsäure injiziert. Das Verfahren umfasst die Verbrennung der organischen Lösungen und Halogenidbestimmung im Verbrennungskondensat sowie die Kontrolle der Mineralisierung. Um eine Verstopfung zu vermeiden wird empfohlen das Extrakt in der Injektionsspritze mit Lösemittel zu verdünnen. Das Aliquot des Extraktes in der Verbrennungsapparatur im Sauerstoffstrom durch kontrollierte Injektion verbrennen lassen und dies doppelt durchführen um eine Reproduzierbarkeit zu prüfen. Hierbei dürfen die EOX-Werte nicht mehr als 15% voneinander abweichen. Die Temperatur darf während der gesamten Verbrennung nicht unter 950°C sinken.

Der Massenanteil an extrahierbaren organisch gebundenen Halogenen, bezogen auf die Trockenmasse wird nach der folgenden Gleichung berechnet:

$$\bar{w} = \frac{(N_1 - N_0) * V_{E1}}{(m_T * F_T * V_{E2})}$$

Dabei ist

$\bar{w}$	der Massenanteil der Probe an EOX, ausgedrückt als Chlor, in Milligramm je Kilogramm (mg/kg)
N_1	der Messwert der Verbrennungsprodukte des Probenextraktes in Mikrogramm Chlor (μg);
N_0	der Messwert der Verbrennungsprodukte des Blindwertextraktes in Mikrogramm Chlor (μg);
V_{E1}	das Gesamtvolumen des Extraktes, in Millilitern (ml);
V_{E2}	das zur Verbrennung eingesetzte Teilvolumen des Extraktes, in Millilitern (ml);
m_T	die eingesetzte Schlamm- bzw. Sedimenttrockenmasse, in Gramm (g);
F_T	Trockenmassenanteil/ Trockenrückstand

Die Ergebnisse dieses Versuches sind mit einer Messunsicherheit behaftet, die bei der Interpretation der Ergebnisse zu berücksichtigen sind. In der DIN ISO 11352 wird ein Verfahren

zur Abschätzung der Messunsicherheit beschrieben, in dem die Standardabweichung mit einem Erweiterungsfaktor von 2 multipliziert wird. Dies entspricht einem Vertrauensniveau von etwa 95%. [17]

4.1.10 Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)

PAK ist die Abkürzung für Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe, diese entstehen beim Verbrennungsprozess von organischen Material, sei es beispielweise durch Holz, Kohle, Öl, Diesel oder Tabak. Je niedriger die Temperatur bei der Verbrennung ist, umso unvollständiger erfolgt diese und umso mehr PAK entsteht. Des weiteren kann PAK von petrogenen Quellen kommen, das sind beispielsweise fossile Rohstoffe wie Steinkohle oder Erdöl.

PAK besteht aus mehrgliedrigen Ringen aus Kohlenstoff- und Wasserstoffatomen und können problematische Eigenschaften für Mensch und Umwelt entstehen lassen. Daher liegen diese seit Jahrzehnten im Focus von Wissenschaft und Öffentlichkeit.

Im Folgenden wird auf die DIN ISO 18287 verwiesen. In dieser Internationale Norm werden 2 Verfahren beschrieben, diese sind auf unterschiedlichen Grade der Verunreinigung von Böden mit PAK anwendbar. Diese Verfahren können 16 polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe nach der Prioritätenliste der EPA festlegen. Die untere Anwendungsgrenze dieser Verfahren liegt bei 0,01mg/kg bezogen auf die Trockenmasse.

Die Extraktion von PAK erfolgt mit mindestens 50ml Aceton und 50ml Petrolether. Wobei bei frischen Proben das Volumen von Aceton auf 100ml erhöht werden muss. Bei Proben mit einem hohen Wasseranteil bzw. bei Proben bei denen Wasser zugesetzt wurde, empfiehlt es sich, Kochsalz dazu zu geben, um die Extraktionseffizienz zu erhöhen. Anschließend wird der Extrakt durch Kapillar-Gaschromatographie analysiert. Die Identifizierung und die Quantifizierung der PAK erfolgt durch massenspektrometrischen Nachweis. [18]

4.1.10.1 Benötigte Reagenzien und Geräte

Die zu verwendeten Reagenzien müssen anerkannter Analysereinheiten entsprechen und frei von PAK sein. Um dies zu nachzuweisen ist eine Blindbestimmung durchzuführen.

Für den Versuch zur Bestimmung von PAK werden folgende Reagenzien benötigt:

- Destilliertes Wasser
- Aceton;
- Petrolether;
- Cyclohexan;
- Isooctan;
- Natriumchlorid, wasserfrei;
- Natriumsulfat;
- Standardlösung für die GC-MS

Außerdem werden folgende Geräte benötigt:

- Probenbehälter aus Braunglas;
- Probenteiler;
- Schüttelapparatur;
- Anreicherungsgerät, Kuderna-Danish oder Rotationsverdampfer;
- Erlenmeyerkolben mit einem Fassungsvermögen von 100ml, 500ml, und 1000ml, mit Schraubkappen;
- Zentrifuge mit Zentrifugengläsern mit Schraubkappen;
- Wasserbad, bis 100°C regelbar;
- Gaschromatograph mit einem geeigneten Injektionssystem, einer Kapillarsäule und einem massenspektrometrischen Detektor (GC-MS).

4.1.10.2 Durchführung

Das Extraktionsverfahren kann nach dem Verfahren A (Zwei-Schritt-Verfahren) oder nach dem Verfahren B (Ein-Schritt oder On-Line-Verfahren) durchgeführt werden.

Bei dem Verfahren A werden 10 bis 25g der feldfeuchten Probe eingewogen und in einen Erlenmeyer Kolben oder ein Zentrifugenglas mit Schraubkappe und einem Nennvolumen von 100ml überführt. Anschließend wird der Probe 1ml einer gemischten Lösung interner

Standards mit jeweils 10µg jedes deuterierten PAK und dann 50 ml Aceton hinzugefügt. Anschließend wird extrahiert, indem eine Stunde gründlich in einer Schüttelapparatur geschüttelt wird. Nachfolgend wird 50ml Petrolether zugegeben und erneut für eine Stunde geschüttelt und danach dekantiert. Anschließend mit weiteren 50ml Petrolether aufgefüllt und geschüttelt. Nach dem Absetzen wird der Überstand dekantiert. Die organische Schicht wird über wasserfreien Natriumsulfat getrocknet, und der getrocknete Extrakt wird in das Anreicherungsgerät überführt, in den 100µl Isooctan als Rückhaltemittel hinzugegeben werden. Auf einem Wasserbad mit 40°C wird unter Unterdruckbedingungen etwa eine Menge von 10ml eingeeengt. Die Lösung ist nun für die GC-MS-Analyse geeignet und enthält jeweils 1µg/ml jedes deuterierten PAK.

Bei dem Verfahren B (Ein-Schritt oder On-Line-Verfahren) werden 10 bis 25g der feldfeuchten Probe eingewogen und in einen 500ml Erlenmeyerkolben überführt. Anschließend wird der Probe 1ml der gemischten Lösung interner Standards, 50ml Wasser, 40g Natriumchlorid, 100ml Aceton und 50ml Petrolether hinzugegeben und anschließend extrahiert, indem die Probe für mindestens 6h gründlich geschüttelt wird. Nach dem Absetzen wird die überstehende organische Schicht in ein Erlenmeyerkolben dekantiert, und der Extrakt für eine Stunde über wasserfreien Sulfat getrocknet. Zur Abtrennung der organischen Schicht darf eine Zentrifuge angewendet werden. Ein Aliquot des getrockneten Extrakts wird in das Anreicherungsgerät überführt, in den 100µl Isooctan als Rückhaltemittel hinzugegeben werden. Auf einem Wasserbad mit 40°C wird unter Unterdruckbedingungen etwa eine Menge von 2ml eingeeengt. Die Lösung ist nun für die GC-MS-Analyse geeignet und enthält jeweils 1µg/ml jedes deuterierten PAK.

In der DIN ISO 18287 wird zusätzlich beschrieben wie das Extrakt gereinigt werden muss. Dies ist erforderlich, wenn Verbindungen vorliegen, die die zu analysierenden PAK stören. Sind keine oder vernachlässigbare störende Verbindungen vorhanden, ist eine Reinigung nicht erforderlich bzw. optional. Die Wiederfindungsrate des durchzuführenden Labors muss mindestens 80% nach der Reinigung betragen.

Anschließend kann das Extrakt in einem Gaschromatographen analysiert werden. Dafür werden in der DIN die Massezahlen für die quantitative Analyse in der Betriebsart Einzelionennachweis gegeben.

Anschließend kann die Massenkonzentration der einzelnen PAK aus der Mehrfachpunktkalibrierung des Gesamtverfahrens über die folgende Gleichung berechnet werden:

$$w_n = \frac{(A_n/A_d) - b}{s * m * w_s} * \rho_d * f * V$$

Dabei ist

- w_n der in der Probe auf der Grundlage der Trockenmasse festgestellte Gehalt an den einzelnen PAK, in Milligramm je Kilogramm (mg/kg);
- A_d das gemessene Ansprechen der deuterierten PAK im Probenextrakt;
- A_n das gemessene Ansprechen der nativen PAK im Probenextrakt;
- ρ_d die Massenkonzentration der deuterierten PAK im Probenextrakt, in Mikrogramm je Milliliter ($\mu\text{g/ml}$);
- m die Masse der für die Extraktion verwendeten Bodenproben, in Gramm (g);
- w_s der Gehalt an Trockenmasse in der feldfeuchten Probe, in Prozent (%);
- f das Verhältnis der gesamten für die Extraktion verwendeten Volumens an organischem Lösemittel zum Verhältnis des für die Analyse verwendeten aliquoten Anteils, nach Verfahren B;
- V das Volumen der endgültigen Lösung, in Millilitern (ml);
- b der Schnittpunkt der Kalibrierkurve mit der Ordinate.

Das Ergebnis ist in Milligramm je Kilogramm (mg/kg) des trockenen Bodens anzugeben und auf eine signifikante Stelle nach dem Komma zu runden.

Um die Qualität der Analyse zu sichern ist zu jeder Reihe analysierender Bodenproben eine Blindmessung und eine Messung der Wiederfindungsrate für das Gesamtverfahren mit sandigen Boden oder einem anderen geeigneten Boden durchzuführen, der mit PAK beladen ist. Außerdem ist ein Prüfbericht mit Angaben, wie den Verweis auf die Norm, die vollständig Infizierung der Probe, ein Verweis auf das angewendete Verfahren sowie die Ergebnisse der Bestimmung zu erstellen. [18]

4.1.11 Polychlorierte Biphenyle (PCB)

Polychlorierte Biphenyle sind langlebige organische Schadstoffe, welche ab den 1930er Jahren industriell hergestellt wurden. Sie wurden in der geschlossenen Anwendung bei z.B. Kühl- und Isoliermittel in der Elektroindustrie und als Hydraulikflüssigkeit in der Maschinenbauindustrie eingesetzt. Zugleich dienten Sie auch als Weichmacher und Brandverzögerer für Lacke, Farben, Beschichtungen und Klebstoffe. Seit 1989 ist die Verwendung von PCB in Deutschland verboten, da die PCB giftig und krebserregend sind. Aufgrund ihrer Langlebigkeit kommen sie nach wie vor in der Umwelt vor, wenn auch auf niedrigem Niveau. Vor allem in Böden und Sedimenten der Gewässer reichern sie sich an und können durch Remobilisierung in die Nahrungskette gelangen. Im folgenden Abschnitt wird das Analyseverfahren für die Bestimmung von PCB in Böden beschrieben nach der DIN EN 15308: 2016-12 .

Diese europäische Norm legt ein Verfahren zur quantitativen Bestimmung von sieben polychlorierten Biphenyl-Kongeneren (PCB-28, PCB-52, PCB-101, PCB-118, PCB-138, PCB-180) in festen Abfall unter Anwendung der hochauflösenden Gaschromatographie mit Elektroeinfach- oder massenspektrometrischer Detektion fest. Unter den in der Norm festgelegten Bedingungen können typischerweise Mindestmengen einzelner PCB-Kongeneren von 0,01mg/kg Trockenmasse oder darüber hinaus bestimmt werden, wenn keine Störungen vorliegen.

Bei dem Verfahren wird unter Anwendung von einem geeigneten Extraktionsverfahren und einem Gemisch aus organischen Lösemitteln eine geeignete Prüfmenge extrahiert, anschließend wird mit Wasser eine Phasentrennung vorgenommen und die organische Schicht wird abgetrennt. Der Extrakt wird durch Gaschromatographie mit massenspektrometrischer Detektion analysiert. [19]

4.1.11.1 Benötigte Reagenzien und Geräte

Für den Versuch zur Bestimmung der Polychlorierten Biphenyle werden folgende Reagenzien benötigt:

- Kalibrierstandards: PCB-28, PCB-52, PCB-101, PCB-118, PCB-138, PCB-153, PCB-180;
- Interne Standards und Injektionsstandards;
- Aceton (2-Propanon);

Analytische Untersuchung

- Wasserfreies Natriumsulfat;
- n-Hexan

sowie folgende Geräte:

- übliche Laborgeräte aus Glas;
- Schüttelvorrichtung;
- Wasserbad;
- Scheidentrichter;
- Erlenmeyer-Kolben;
- Analysewaage,
- Gaschromatograph.

4.1.11.2 Durchführung

Parallel zu der Analyse der Proben wird eine Blindprobe erstellt mit den gleichen Mengen an Reagenzien. Diese ist unmittelbar vor den Proben zu analysieren, um zu zeigen, dass keinerlei Verunreinigungen vorliegen.

Um die Bodenprobe zu extrahieren wird von dieser eine Prüfmenge von 10g bis 25g auf 0,1g Genauigkeit in einen verschließbaren Kolben eingewogen. Anschließend ist ein bestimmtes Volumen der internen Standardlösung hinzugeben, in der Regel muss die Konzentration der einzelnen internen Standards im Endextrakt 0,1µg/ml betragen. Anschließend 50ml Aceton hinzugeben und 30 Minuten auf einer Schüttelvorrichtung schütteln und extrahieren lassen. Danach 50ml hexanähnliches Lösemittel hinzugeben und erneut 30 Minuten gründlich extrahieren. Nach dem Absetzen muss der Feststoff von der überstehenden Flüssigkeit dekantiert werden. Die verbleibenden Feststoffe werden anschließend mit 50ml hexanähnlichem Lösemittel gewaschen und erneut dekantiert. Die Extrakte in einem Scheidentrichter auffangen und das Aceton durch zweimaliges schütteln mit 400ml Wasser entfernen. Das Extrakt über wasserfreiem Natriumsulfat trocknen. Anschließend wird das Natriumsulfat dreimal mit 10ml hexanähnlichem Lösemittel gespült und extrahiert und dem Extrakt hinzugegeben. Das Volumen des Extrakts ist entsprechend dem angewendeten Reinigungsverfahren zu verringern.

Die Gaschromatographische Analyse kann sowohl mit der massenspektrometrischen Detektion als auch mit der Elektroefang Detektion durchgeführt werden, wobei die massenspektrometrische Detektion zu empfehlen ist. Hierbei ist darauf zu achten, dass das

Gerät einer Ausgangskalibrierung sowie einer Rekalibrierung unterzogen wurde. Das Ergebnis der Detektion wird in den gemessenen Respons und im Responsfaktor angegeben, daraus kann mit der folgenden Gleichung der Masseanteil der einzelnen PCB berechnet werden:

$$\omega_n = \frac{((A_n/A_d) - b) * q_d * 100}{s * m * d_m}$$

Dabei ist:

- ω_n der Anteil der Probe an dem jeweiligen PCB-Kongener, in mg/kg, auf der Grundlage der Trockenmasse;
- A_d der gemessene Respons des entsprechenden internen Standards im Probenextrakt;
- A_n der gemessene Respons der PCB-Kongeners im Probenextrakt;
- s der Anstieg der Kalibrierfunktion bzw. der relativen Responsfaktor;
- b der Schnittpunkt der Kalibrierkurve mit der Ordinate;
- q_d die zur Probe hinzugefügte Masse des internen Standards, in μg ;
- m die zur Extraktion verwendete Masse der Prüfprobe, in g;
- d_m der Anteil der Probe an Trockenmasse, bestimmt nach EN 14346.

Während des Versuchs ist ein Prüfbericht zu erstellen welcher Angaben über die verwendete Norm, einen Verweis auf die angewendeten Extraktionsmittel enthält, die vollständige Identifizierung der Probe sowie die Ergebnisse der Bestimmung enthalten muss. [19]

4.2 Methoden zur Bestimmung der Einzelparameter im Eluat

4.2.1 Eluatherstellung

Das im folgenden beschriebene Elutionsverfahren nach DIN EN 12457-4:2002 dient im Allgemeinen der Charakterisierung und Bewertung von Bestandteilen, die aus Abfall

ausgelaugt werden können. Die Freisetzung von löslichen Bestandteilen nach Kontakt mit Wasser wird als Hauptmechanismus betrachtet, der zu einer potentiellen Gefährdung für die Umwelt bei der Verwertung und Beseitigung von Abfällen führt. Ziel dieses Versuches ist es, die Auslaugungseigenschaften von Abfällen zu bestimmen. [21]

4.2.1.1 Benötigte Geräte und Reagenzien

Für den Versuch der Eluierbarkeit von Feststoffen, Schlämmen und Altlasten werden folgende Geräte und Reagenzien benötigt:

- Flasche aus Glas oder Polyethylen mit einem Volumen von 1 l;
- Überkopfschüttler ($5 \text{ U} \times \text{min}^{-1}$ bis $10 \text{ U} \times \text{min}^{-1}$);
- Filtrationsvorrichtung, entweder Vakuumfiltration oder Druckvorrichtung;
- $0,45\text{-}\mu\text{m}$ - Membranfilter zur Filtration;
- Zerkleinerungsvorrichtung;
- Siebeinrichtung mit Sieben von 10mm Maschenweite;
- Destilliertes Wasser, entmineralisiertes Wasser, deionisiertes Wasser oder Wasser mit vergleichbarer Reinheit.

4.2.1.2 Durchführung

Es ist eine Laboratoriumsprobe von mindestens 2 kg zu entnehmen und mit einem Probenteiler zu reduzieren. Bei der Durchführung ist darauf zu achten, dass die Korngröße von mindestens 95% des Materials kleiner als 10mm ist. Zu diesem Zweck ist die Probe zu sieben. Wenn das Überkorn 5% überschreitet, ist der gesamte Überkornanteil mit einer Zerkleinerungsvorrichtung zu zerkleinern und der Probe hinzuzugeben. Bei feuchten Laboratoriumsproben kann vor dem Sieben oder Zerkleinern eine Lufttrocknung erforderlich sein. Die Trocknungstemperatur darf 40°C nicht überschreiten. Anschließend muss der Gehalt des Trockenrückstandes und des Feuchtegehalt bestimmt werden. Dazu wird auf das Kapitel 4.1.2 verwiesen.

Es ist eine Messprobe mit einer Gesamtmasse M entsprechend $0,090 \text{ kg} \pm 0,005 \text{ kg}$ Trockenmasse M_T in eine Flasche zu überführen. Eine entsprechende Menge Auslaugungsmittel (L) ist hinzuzugeben, sodass sich ein Flüssigkeits- / Feststoffverhältnis (L/S) von $10 \text{ l/kg} \pm 2\%$ während der Extraktion ergibt. Die Masse der ungetrockneten Probe (M_G) sowie die Menge des Auslaugungsmittels (L) berechnet sich mit folgenden Gleichungen:

$$M_G = \frac{100 \cdot M_T}{TG} ;$$

$$L = \left(10 - \frac{FG}{100}\right) \cdot M_T$$

Dabei ist:

M_G = die Masse der ungetrockneten Probe in Kilogramm [kg];

M_T = die Trockenmasse der Messprobe, in Kilogramm [kg];

TG = der Trockenmassengehalt in Prozent [%];

L = das Volumen des verwendeten Auslaugungsmittels, in Liter [l];

FG = der Feuchtegehalt, in Prozent [%];

M_T = die Trockenmasse der Messprobe, in Kilogramm [kg].

Anschließend ist die verschlossene Flasche in einen Schüttler zu geben und für eine Dauer von 24 h zu schütteln. Während der Extraktion sollte darauf geachtet werden, dass sich die Feststoffe nicht in der Flasche absetzen. Die suspendierten Feststoffe sind für 15 ± 5 min. absetzen zu lassen. Fortlaufend ist das Eluat durch eine 0,45-µm-Membranfilter unter Verwendung einer Vakuum- oder Druckvorrichtung zu filtrieren.

Außerdem sind Blindproben anzufertigen welche mit einem Volumen von 0,95 l des Auslaugungsmittels herzustellen sind. Diese sind dem gesamten Verfahren zu unterziehen. Das Eluat dieser Blindprobe muss die Konzentration jedes betrachteten Elementes kleiner als 20% aufzeigen sowie der im Eluat des untersuchenden Abfalls oder 20% kleiner als der Eluatkonzentration eines Grenzwertes sein.

Während des gesamten Versuches ist ein Prüfbericht zu erstellen der folgende Punkte beinhalten muss, so ist ein Verweis auf die Europäische Norm, die Beschaffenheit des Abfalls, das Datum des Eintreffens der Laboratoriumsprobe im Labor, Lagerungsbedingungen sowie eine Beschreibung der Vorbereitung der Messprobe zu notieren. [21]

4.2.2 Bestimmung des pH-Wert im Eluat

Die Bestimmung des pH-Wertes ist für viele Arten von Proben sehr wichtig. Hohe und niedrige pH-Werte sind für aquatische Organismen direkt oder indirekt giftig, außerdem ist der pH-Wert eine sehr wichtige Kenngröße zur Beurteilung korrosiver Eigenschaften wässriger Medien. Die elektrometrischen Verfahren, welche in der DIN EN ISO 10523:2012-04 beschrieben sind, beruhen auf der Messung der Kettenspannung einer elektrochemischen Zelle, bei der eine der beiden Halbzellen eine Messelektrode, die zweite eine Bezugselektrode ist. Das Potential der Messelektrode ist eine Funktion des pH-Werts der Messlösung. [21]

4.2.2.1 Benötigte Geräte und Reagenzien

Zum Bestimmen des pH-Wertes werden folgende Geräte und Reagenzien benötigt:

- Pufferlösung zum Kalibrieren von pH-Messeinrichtungen;
- Probenahme flasche, fest verschließbar aus Polythene oder Glas;
- Temperaturmesseinrichtung;
- pH-Messgerät;
- Glaselektrode und Bezugselektrode
- Rührer.

4.2.2.2 Durchführung

Das pH-Messgerät ist unter Verwendung der Pufferlösung zu kalibrieren. Anschließend ist die Temperatur der Probelösung zu messen. Es sind möglichst alle Proben unter gleichen Bedingungen wie bei der Kalibrierung zu messen. Die Proben werden in ein Messgefäß überführt, welches vorher mit destillierten Wasser zu spülen ist. Anschließend ist mit dem pH-Messgerät der pH-Wert sowie die Temperatur der Lösung zu messen und zu notieren. Generell ist der Wert für die Größe des pH-Wertes auf eine Dezimalstelle anzugeben.

BEISPIEL pH-Wert 9,8

Messtemperatur = 16,4°C

Während des Versuches ist ein Analysebericht anzufertigen welcher mindestens Angaben über die Identifizierung der Probe, das Probenahmeverfahren, sowie jede Abweichung dieser Norm enthalten muss. [21]

4.2.3 Elektrische Leitfähigkeit

Die DIN EN 27888 beschreibt ein Verfahren zur Messung der elektrischen Leitfähigkeit in Wasser. Die elektrische Leitfähigkeit kann als ein Maß für die Konzentration ionisierbarer gelöster Stoffe in einer Probe verwendet werden. Sie ist abhängig von der Ionenkonzentration, der Ionenart, der Temperatur der Lösung sowie der Viskosität der Lösung. Reines Wasser hat aufgrund seiner Eigendissoziation bei 25°C eine elektrische Leitfähigkeit von 5,483 $\mu\text{S}/\text{m}$. [22]

4.2.3.1 Benötigte Reagenzien und Geräte

Für den Versuch zur Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit werden folgende Geräte benötigt:

- Leitfähigkeitsmessgerät inklusive deren Messzellen
- Becherglas
- Leitfähigkeits-Kontrolllösung
- Bidestillat oder Deionisat
- Thermometer

4.2.3.2 Durchführung

Das Gerät ist nach den Herstelleranweisungen vorzubereiten. Ist die Zellkonstante nicht genau bekannt, muss sie mit einer Leitfähigkeitskontrolllösung kalibriert werden. Anschließend ist eine geeignete Menge des zu prüfenden Wassers in ein Becherglas zu geben. Die Temperatur dieser Flüssigkeit sowie die elektrische Leitfähigkeit ist mittels des Leitfähigkeitsmessgerät zu messen. Die Ergebnisse welche vom Gerät abgelesen werden sind unter Bezugnahme auf die Europäische Norm als γ_{25} , in mS/m oder in der Einheit $\mu\text{S}/\text{cm}$ anzugeben. Während des Versuches ist ein Analysebericht anzufertigen welcher einen Hinweis auf die verwendete Norm, die Identität der Probe, die Ergebnisse sowie alle Abweichungen beinhalten muss. [22]

4.2.4 Gelöster organischer Kohlenstoff (DOC)

Die DIN EN 1484:2019-04 gibt eine Anleitung zur Bestimmung der Massenkonzentration an organischem Kohlenwasserstoff in Trink-, Grund-, Oberflächen- und Abwasser. Sie behandelt Festlegungen, Störungen, Reagenzien und die Probenvorbereitung von Wasserproben mit einem Gehalt von 0,3mg/l bis 1 000 mg/l. Neben organischem

Kohlenstoff kann die Wasserprobe Kohlenstoffdioxid oder Carbonat-Ionen enthalten, deshalb ist es erforderlich, den anorganischen Kohlenstoff aus der angesäuerten Probe mit einem Gas, frei von CO_2 und organischen Verbindungen auszublasen. Alternativ können der gesamte Kohlenstoff (TC) und der gesamte anorganische Kohlenstoff (TIC) bestimmt werden. Der gelöste organische Kohlenstoff (DOC) ist der im Wasser enthaltene organisch gebundene Kohlenwasserstoff aus Verbindungen, die ein Membranfilter der Porenweite $0,45\text{ }\mu\text{m}$ passieren. [23]

4.2.4.1 Benötigte Reagenzien und Geräte:

Für dieses Verfahren werden folgende Reagenzien benötigt:

- Kaliumhydrogenphthalat, ($\text{C}_8\text{H}_5\text{KO}_4$);
- Natriumcarbonat (Na_2CO_3);
- Schwerflüchtige Säuren für das Austreiben des Kohlenstoffdioxids, z.B. Phosphorsäure;
- Gase wie Luft, Stickstoff, Sauerstoff, frei von Kohlenstoffdioxid und organischen Verunreinigungen;

Sowie folgende Geräte:

- Gerät zur Bestimmung des organischen Kohlenstoffs, z.B. IR-Detektion, Acidimetrie- oder Coulometrieverfahren;
- Homogenisierungseinrichtung.

4.2.4.2 Durchführung

Wenn inhomogene Proben vorliegen, sind diese sorgfältig zu schütteln oder mit einer Homogenisierungseinrichtung zu homogenisieren. Zur Prüfung der Homogenität ist es zulässig z.B. je eine Probe aus dem oberen und aus dem unteren Teil des Flascheninhaltes zu untersuchen. Da lediglich nur der Anteil des gelösten organischen Kohlenstoffs (DOC) bestimmt werden soll, wird die Probe durch ein Membranfilter, mit der Porenweite von $0,45\text{ }\mu\text{m}$, filtriert. Der Membranfilter ist vorher mit heißem Wasser auszuwaschen um anhaftende organische Stoffe zu entfernen. Anschließend ist das Gerät zur Bestimmung des organischen Kohlenwasserstoffs zu kalibrieren. Geräte wie IR-Detektion erfordern eine Kalibrierung, bei Absolutverfahren, wie z.B. Acidimetrie oder Coulometrie, dient die Kalibrierung der Prüfung des analytischen Systems. Die Geräte sind nach den Anweisungen des Herstellers zu kalibrieren und eine Bezugskurve ist mittels einer

Kaliumhydrogenphthalat- Standardlösungen für die Massenkonzentrationen im Bereich 10 mg/l bis 100mg/l zu erstellen. Die Bezugslösungen sind in einer Serie von 100 ml- Messkolben mit z.B. 0ml (Blindprobe), 1ml, 2ml, 3ml, 5ml, und 10ml Kaliumhydrogenphthalat- Stammlösung zu pipettieren und mit Wasser bis zur Marke aufzufüllen. Jede Lösung ist anschließend nach den Angaben des Geräteherstellers zu analysieren. Anschließend ist eine Bezugskurve zu erstellen, indem die Massenkonzentration an TOC, in Milligramm je Liter Kohlenstoff gegen die gerätespezifischen Messwerte aufgetragen werden.

Die TOC-Massenkonzentration der Probe ist folgend nach den Angaben des Geräteherstellers zu bestimmen. Die Massenkonzentration sollte jedoch im Arbeitsbereich der Kalibrierung liegen. Das kann durch Verdünnen der Probe erreicht werden. Nach dem Ansäuern reines Inertgas, frei von CO₂ und organischen Verunreinigungen, muss das System etwa 5 Minuten durchblasen werden um CO₂ zu entfernen. [23]

4.2.4.3 Auswertung

In Abhängigkeit vom eingesetzten TOC-Gerät können verschiedene Arten von Messgrößen erhalten werden, aus denen die TOC- oder DOC- Konzentration der analysierenden Probe berechnet wird. Die Massenkonzentration (TOC) oder (DOC) wird mit Hilfe der Bezugskurve berechnet. So wird die Massenkonzentration an TOC oder DOC, berechnet in Milligramm Je Liter, mit folgender Formel ermittelt:

$$\rho = \frac{I * f * V}{V_p}$$

Dabei ist

I = der gerätespezifische Messwert;

f = der ermittelte Kalibrierfaktor, in Milligramm je Liter [mg/l] Kohlenstoff;

V = Das Volumen der verdünnten Wasserprobe, in Milliliter [ml];

V_p = Das Probenvolumen, das auf V ml verdünnt wird, in Millilitern.

Die Ergebnisse werden in Milligramm je Litern Kohlenstoff angegeben. Die Ergebnisangaben hängen von den zufälligen Fehlern der Messung ab. 2 bis 3 signifikante Stellen sollen angegeben werden.

Beispiel

$$\rho(TOC) = 0,76 \frac{mg}{l} \text{ Kohlenstoff oder}$$

$$\rho(TOC) = 6,32 \times 10^3 \frac{mg}{l} \text{ Kohlenstoff}$$

Der Analysebericht welcher parallel zum Versuch zu erstellen ist, hat Informationen über die verwendete Norm, die identifizierte Probe, Einzelheiten zur Lagerung der Laborprobe, die Probenvorbereitung und die TOC- oder DOC- Massenkonzentration in der Probe, in Milligramm je Liter zu enthalten. [23]

4.2.5 Chlorid und Sulfat

Dieser Teil dieser Arbeit stützt sich auf die DIN EN ISO 10304-1:2009-07 welche ein Verfahren zur Bestimmung von gelösten Bromid, Chlorid, Fluorid, Nitrat, Nitrit, Orthophosphat und Sulfat in Wasser mittels Flüssigkeits-Ionenchromatographie festlegt. [24]

4.2.5.1 Benötigte Reagenzien und Geräte

Für dieses Verfahren werden folgende Reagenzien benötigt welche mit dem Reinheitsgrad „zur Analyse“ verwenden ausgestattet sind:

- Wasser, Qualität 1 nach ISO 3696;
- Natriumhydrogencarbonat, NaHCO_3 ;
- Natriumcarbonat, Na_2CO_3 ;
- Natriumhydroxid, NaOH ;
- Chlorid- und Sulfat-Stammlösung;
- Chlorid- und Sulfat-Standardlösung;
- Chlorid- und Sulfat-Kalibrierlösung.

Sowie folgende Geräte:

- Ionenchromatographie-System;
- Eluenten-Vorratsbehälter;
- Probeninjektionssystem;
- Trennsäule;

- Leitfähigkeitsdetektor;
- UV-Detektor.

4.2.5.2 Durchführung

Da Bakterielle Aktivitäten und die Adsorption von Anionen an Feststoffen können eine Konzentrationsänderung der Anionen verursachen. Daher sind die Bakterien und Feststoffe durch eine Filtration mittels einem Membranfilter, mit der Porenweite $0,45\mu\text{m}$, zu entfernen. Außerdem sind Kalibrierlösungen und die Blindwertlösungen in gleicher Weise wie die Proben zu behandeln. Folgend wird das Ionenchromatographie-System nach den Anweisungen des Herstellers in Betrieb genommen und die Eluente gefördert bis eine stabile Basislinie zu erkennen ist. Anschließend ist die Kalibrierung wie nach den Angaben der Hersteller durchzuführen. Danach die Proben, Kalibrier- und Blindwertlösungen messen. Dies geschieht unter dem Einsatz einer Vorsäule, da diese als Schutz der analytischen Trennsäule dient. Liegt die Konzentration des Analyten oberhalb des Kalibrierbereichs, ist die Probe zu verdünnen oder mittels einer separaten Kalibrierfunktion erneut zu analysieren. Die Blindwertlösung sind in gleicher Weise zu untersuchen.

Die Massenkonzentration der Anionen in der Lösung ρ werden in Mikrogramm je Liter oder Milligramm je Liter, mittels der Peakflächen oder Peakhöhen, entsprechend der verwendeten Kalibrierfunktion, berechnet. Die Ergebnisse werden mit nicht mehr als zwei signifikante Stellen nach dem Komma angegeben.

Beispiel:

Sulfat (SO_4^{2-})	51 mg/l
Nitrat (NO_3^-)	0,64 mg/l

Während der Durchführung dieses Versuchen muss ein Analysebericht verfasst werden, welcher Angaben über die Verwendete Norm, die Identität der Wasserprobe, die Angabe der Ergebnisse sowie die Probenaufbereitung enthalten muss. [24]

4.2.6 Fluorid

Bei der Bestimmung des Gesamtfluoridgehaltes von Trink-, Oberflächen- und Abwässern kann das Verfahren zur Bestimmung von Fluorid mittels Fluorid-Ionenselektiver Elektroden nach DIN 38405 –D4-1 Konzentrationen zwischen 0,2 bis 2000 mg/l erfassen. Die

Grundlagen des Verfahren stützen sich darauf, dass bei Kontakt einer Fluorid-Ionenselektive Elektrode mit einer wässrigen Lösung, die Fluorid-Ionen enthält, sich zwischen Mess- und Bezugselektrode eine Kettenspannung einstellt, deren Höhe dem Logarithmus des Zahlenwertes der Fluorid-Ionen-aktivität proportional ist. [25]

4.2.6.1 Benötigte Geräte und Reagenzien

Für den Versuch zur Bestimmung vom Gesamtgehalt an Fluorid nach DIN 38405 werden folgende Geräte benötigt:

- Fluorid-Ionenselektive Elektrode mit Bezugselektrode z.B. Kalomel-, Silber/Silberchlorid- oder Thalamid®- Elektrode;
- Spannungsmesser mit einer Auflösung von 0,1mV, geeignet zum Einsatz bei Ionenselektiven Elektroden, z.B. Eingangswiderstand $\geq 10^{12} \Omega$;
- Vorrichtung zur Membranfiltration, mit Membranfilter, Porenweite 0,45µm;
- Thermostat;
- Magnetrührer mit kunststoffummantelten Rührstäbchen;
- Glaselektrodenmesskette zur pH-messung;
- Becherglas, Nennvolumen 1000ml;
- Messkolben, Nennvolumen 1000ml;

Sowie folgende Chemikalien welche den Reinheitsgrad „zur Analyse“ haben:

- Salzsäure (HCL);
- Natriumhydroxid-Lösung (NaOH);
- Pufferlösung (TISAB);
- Fluorid-Stammlösung;
- Fluorid-Standardlösung mit Konzentrationen 0,2 mg/l, 0,5 mg/l; 1 mg/l, 5 mg/l, und 10 mg/l.

4.2.6.2 Durchführung

Die Wasserproben müssen sobald wie möglich, spätestens jedoch nach 3 Tagen nach der Probennahme oder Herstellung, analysiert werden. Dazu wird diese durch ein Membranfilter filtriert und 25ml in ein Messgefäß überführt, in dieses wird zusätzlich 25ml der Pufferlösung pipettiert. Der pH-Wert muss $5,8 \pm 0,2$ betragen, gegebenenfalls muss die Mischung mit möglichst wenig Salzsäure oder Natriumhydroxid-Lösung eingestellt werden. Es ist darauf zu achten, dass sich kein Niederschlag bildet. Die hierbei vorgenommene

Verdünnung der Probe muss bei der Berechnung der Fluorid-Ionenkonzentration berücksichtigt werden.

Das Messgefäß wird folglich auf eine Temperaturkonstanz von $25 \pm 0,5^\circ\text{C}$ gebracht und mittels des Magnetrührers, mit einer Drehzahl von etwa 180 bis 200 min^{-1} , durchmischt. Die Elektrode wird in die Lösung eingetaucht und fixiert. Wenn sich die Kettenspannung der Messkette in 5 Minuten um nicht mehr als 0,5mV ändert, den Rührmotor ausschalten und den erreichten Wert frühestens nach 15 Sekunden ablesen.

Je nach dem erwarteten Konzentrationsbereich wird eine Kalibrierfunktion mit Hilfe von 5 Bezugslösungen aufgestellt. Für den Bereich von 0,2 bis 10 mg/l geht man z.B. folgendermaßen vor. In 5 Messgefäße je 25 ml Pufferlösung pipettieren. Danach mit einer Vollpipette jeweils 25ml Fluorid-Standartlösung zugeben. Zur Ermittlung der Kalibrierfunktion ist grundsätzlich schrittweise von der verdünntesten zur konzentriertesten Lösung zu gehen sowie zu messen und dabei jeweils mit der nächst höherkonzentrierten Bezugslösung zu spülen. Der Versuch ist doppelt durchzuführen wobei die Ergebnisse um nicht mehr als 0,5mV auseinanderliegen dürfen. Ist dies der Fall muss die Messreihe wiederholt werden.

Die Auswertung kann graphisch und mathematisch durchgeführt werden, in diesem Fall wird bloß auf die graphische Auswertung eingegangen. Hierzu ist die Massenkonzentration der Wasserprobe an Fluorid-Ionen in mg/l direkt aus der Kalibrierkurve abzulesen. Die Ergebnisse der Massenkonzentration der Fluorid-Ionen werden bis zu einer Konzentration von 1mg/l auf 0,01 mg/l angegeben, darüber liegende Werte werden auf 0,1 mg/l Genauigkeit angegeben. [25]

Beispiel:

Fluorid-Ionen (F^-) 0,75 mg/l

Fluorid-Ionen (F^-) 4,5 mg/l

Während des Versuches muss ein Analysebericht erstellt werden, welcher die Identität der Probe, die Angaben der Ergebnisse, die Probenvorbehandlung sowie jede Abweichung von diesem Verfahren beinhalten muss. [25]

4.2.7 Leicht freisetzbarem Cyanid

Die Internationale Norm DIN EN ISO 17380:2012-10 legt ein Verfahren fest für die photometrische Bestimmung des Massenanteils an Gesamtcyanid und leicht freisetzbaren Cyanid im Boden unter Anwendung der automatisierten kontinuierlichen Destillations-Durchflussanalyse. Das Durchflussanalysesystem hat einen Arbeitsbereich von 2 µg/l bis 100 µg/l Cyanid. In diesem Versuch wird eine Probe mit 2,5 mol/l Natriumhydroxidlösung für 16 h extrahiert. Der Extrakt wird 100-fach verdünnt, und danach wird die Analyse des Gesamtcyanids des leicht freisetzbaren Cyanids durchgeführt. Vor der Destillation und ohne uV-Zersetzung wird dem Probenfluss eine Zinksulfatlösung zugesetzt, so dass alle anwesenden Eisencyanid- Komplexe als Zink-Cyanoferrat- Komplexe ausgefällt werden. Der gebildete Cyanwasserstoff wird bei einer Temperatur von 125°C destilliert und photometrisch bestimmt. [26]

4.2.7.1 Benötigte Geräte und Reagenzien

Für den Versuch zur Bestimmung von leicht freisetzbaren Cyanid werden folgende Geräte benötigt:

- Übliche Laborglasgeräte und Laborausrüstung aus braunen oder grünen Glas, um einen Zerfall des komplex gebundenen Cyanids durch Tageslicht zu verhindern
- Kontinuierliches Durchflussanalysesystem
- Schüttelmaschine

Sowie folgende Reagenzien werden benötigt:

- Salzsäure (HCL);
- Natriumhydroxidlösung (NaOH);
- Natriumhydroxidlösung, 25 ml der Lösung mit 1000 ml Wasser verdünnen;
- Vergälltes Ethanol 20%; 100ml des Ethanols mit 400 ml Wasser mischen;
- Zinksulfatlösung, 10 Zinksulfat- Heptahydrat in 750ml Wasser lösen und mit 1000ml Wasser auffüllen;
- Kaliumhexacyanoferratlösung mit 0,1 mg/l, 1 mg/l, 100 mg/l
- Cyanid-Standartlösung mit 1 mg/l Cyanidionen.

4.2.7.2 Durchführung

Die 40 ml der Probe werden in eine 500-ml-Polyäthylenflasche gegeben und auf 0,1g in 200-ml-Natriumhydroxidlösung suspendiert. Anschließend 16 h in der Schüttelmaschine schütteln lassen. Während dieser Zeit ist Bestrahlung von Licht zu vermeiden, um eine Zersetzung von komplexen Cyanid zu vermeiden. Nachfolgend ist die Suspension durch ein Analysepapier zu filtrieren. Den Extrakt um den Faktor 100 mit Wasser verdünnen.

Vor dem Durchführen der kontinuierlichen Durchflussanalyse sind die Bedienungsvorschriften für die Apparatur zu lesen, deren Funktion zu überprüfen und einzustellen. Zunächst wird durch das Analysesystem Wasser gepumpt. Die Grundlinie des automatischen Schreibers wird nach der Stabilisierung auf 10 Skalenteile eingestellt. Fortlaufend werden zwei Cyanid-Standardlösungen mit einer Konzentration von 100 µg/l nacheinander gemessen und den vollen Skalenausschlag auf 90 Skalenteile einzustellen und danach wird die Grundlinie durch zwei Blindproben kontrolliert. Für die Bestimmung von leicht freisetzbarem Cyanid ist das System geeignet, wenn die Wiederfindungsrate von der 1-mg/l-Standardlösung von Hexacyanoferrat unter 5% liegt. Wenn höhere Werte von leicht freisetzbarem Cyanid gemessen werden, ist eine deutliche Aufspaltung von Hexacyanoferrat zu Cyanid aufgetreten. Wenn der Fall auftritt, ist eine frische Hexacyanoferratlösung herzustellen, die Lampe ist zu kontrollieren, und es ist zu prüfen, ob das Material der Reaktionsrohrschlange der Festlegung entspricht.

Zunächst ist eine Kalibrierkurve zu erstellen. Hierfür wird eine Serie von Standard-Kalibrierlösungen hergestellt, indem mit einer Pipette jeweils 0,5 ml; 1 ml; 2 ml; 4 ml; 5 ml; 6 ml; 8 ml und 10 ml der 1mg/l-Cyanid-Standardlösung in einen 100 ml Messkolben überführt und mit 0,025-mol/l-Natriumhydroxidlösung jeweils bis zur Marke aufgefüllt wird. Diese Lösungen enthalten jeweils 5 µg/l, 10 µg/l, 20 µg/l, 40 µg/l, 50 µg/l, 60 µg/l, 80 µg/l, und 100 µg/l CN.

Um die Probe zu messen wird das verdünnte Probenextrakt mit 0,025-mol/l-Natriumhydroxidlösung verdünnt, bis die Cyanidkonzentration im Messbereich liegt. Außerdem nach jeder zwanzigsten Probe eine Kontrolllösung und eine Blindprobe in das Probendosiersystem einführen, um Abweichungen in Empfindlichkeit bzw. Basislinie korrigieren zu können. Nach den Messungen muss das Gerät gereinigt werden. [26]

4.2.7.3 Berechnung des Cyanidmassenanteils

Das Analyseergebnis für leicht freisetzbarem Cyanid wird in Milligramm je Kilogramm Trockensubstanz angegeben. Für jeden Peak wird die CN-Konzentration aus der Kalibrierkurve abgelesen und den Cyanidmassenanteil der Bodenprobe nach folgender Formel ausgerechnet:

$$W_{(CN)} = W_x * f_1 * f_2 * \frac{V + \left(\frac{100 - W_{dm}}{100} * m \right)}{1000 * m} * \frac{100}{W_{dm}}$$

Dabei ist:

$W_{(CN)}$ der Cyanidmassenanteil der getrockneten Probe, in Milligramm je Kilogramm;

W_x die aus der Kalibrierkurve bestimmte Cyanidkonzentration des verdünnten Extrakts in Mikrogramm je Liter;

f_1 der Anfangs-Verdünnungsfaktor (=100) vom Probenextrakt zum verdünnten Extrakt;

f_2 jeder weitere Verdünnungsfaktor des verdünnten Probenextraktes, um die Cyanidkonzentration des verdünnten Extraktes in den Messbereich zu bringen.

V das Volumen der für die Extraktion verwendeten Natriumhydroxidlösungen in Milliliter;

W_{dm} der Trockensubstanzmassenanteil des Bodens, ausgedrückt in Prozent

m die Anfangsmasse des Verwendeten Probenaliquots in Gramm.

Das Ergebnis ist auf höchstens 2 signifikante Stellen gerundet anzugeben. Parallel zum Versuch ist außerdem ein Prüfbericht zu erstellen welcher Inhalte wie den Verweis der genutzten Norm, die Identifizierung der Probe, sowie das Ergebnis beinhalten muss. [26]

4.2.8 Ammonium-Stickstoff (N)

Ammonium-Stickstoff ist in vielen oberirdischen Gewässern, in einigen Grundwässern sowie in allen häuslichen und oft auch gewerblichen Abwässern enthalten. Die Form, in der Ammonium-Stickstoff vorkommt, ob als NH_4^+ -Ion oder als NH_4OH bzw. NH_3 , hängt vom pH-Wert des Wassers ab. In der DIN 38406- E5 - 1 ist ein Verfahren mittels Photometrischer Bestimmung beschrieben, worauf im Folgenden näher eingegangen wird. Die Grundlage des Verfahrens ist, dass Ammonium-Ionen bei einem pH-Wert von etwa 12,6 mit Hypochlorit-Ionen und Salicylat-Ionen in Gegenwart von Natriumpentacyanonitrosylferrat als Katalysator zu einem blauen Farbstoff reagieren. [27]

4.2.8.1 Benötigte Geräte und Reagenzien

Für den Versuch zur Bestimmung des Ammonium-Stickstoffs werden folgende Geräte benötigt, welche ammoniumfrei sein müssen. Glasgeräte sind vor Verwendung zu spülen.

- Spektralphotometer;
- Küvetten, Schichtdicke 1 und 5cm;
- Heizgerät, z.B. Wasserbad;
- Vollpipette, Nennvolumen 10ml;
- Messkolben, Nennvolumen 50, 100 und 1000 ml

Außerdem werden Chemikalien benötigt, welche ausschließlich den Reinheitsgrad „zur Analyse“ besitzen. Als Wasser wird grundsätzlich „ammoniumfreies“ Wasser benutzt.

Folgende weitere Reagenzien werden benötigt:

- Reinigungslösung, aus 100 g Kaliumhydroxid, 100 ml Wasser u. 900 ml Ethanol;
- Salicylat-Citrat-Lösung, aus 130 g Natriumsalicylat, 130 g Trinatriumcitrat, 800 ml Wasser und 0,970 g Dinatriumpentacyanonitrosylferrat;
- Reagenzlösung, aus 3,2 g Natriumhydroxid, 50 ml Wasser und 0,2 g Natriumdichlorisocyanurat;
- Ammonium-Stammlösung, aus 0,4717g Ammoniumsulfat und 1000ml Wasser;
- Ammonium-Standardlösung, (N)=1 mg/l : 10ml Ammoniumstandartlösung und 980ml Wasser.

4.2.8.2 Durchführung

Wenn die Probe suspendierte Teilchen enthält, wird diese vorerst durch einen Membranfilter, Porenweite 0,45µm, filtriert. Bis zu 40 ml der Probe werden in einen 50ml Messkolben pipettiert und auf dessen pH-Wert kontrolliert. Dieser sollte zwischen 5 und 8 liegen anderen falls fügt man 4ml, Salicylat-Citrat-Lösung unter Schütteln zu. Nachfolgenden wird die Lösung mit 4ml der Reagenzlösung versetzt und geschüttelt. Nach dieser Zugabe sollte der pH-Wert der Lösung 12,6 betragen. Die Probe wird mit Wasser bis zur Marke aufgefüllt, erneut gründlich durchmischt und 1 bis 3 Stunden bei 25°C gehalten. Frühestens nach einer Stunde, spätestens nach drei Stunden wird die Extinktion bei 655 nm in einer Küvette geeigneter Schichtdicke gegen Wasser in der Vergleichsküvette gemessen. In gleicher Weise wird eine Blindprobe untersucht, bei der auf die Zugabe der Reagenzlösung verzichtet wird.

Jetzt wird eine Eichkurve erstellt. Hierfür werden eine Serie von 50ml Messkolben mit jeweils ein Volumen (0,4 ml; 0,8 ml; 1,2 ml; 1,6 ml; 2,0 ml; 2,4 ml; 2,8 ml; 3,2 ml; 3,6 ml und 4,0 ml) von der Ammonium-Standartlösung gegeben. Jedem dieser Volumina wird so viel Wasser zugegeben, dass sich ein Gesamtvolumen von 40 ml ergibt. Diese Proben werden nach dem oben beschriebenen Verfahren behandelt.

In einem Koordinatensystem werden auf der Abszisse die Massenkonzentrationen der Eichproben an Ammonium-Stickstoff aufgetragen. Diese berechnet man mit folgender Gleichung:

$$\beta_E = \frac{V_S * \beta_S}{V_E}$$

Hierbei bedeuteten:

β_E	Massenkonzentration der jeweiligen Eichprobe an Ammonium-Stockstoff ^ (N), in mg/l;
V_S	angewandtes Volumen der Standardlösung, in ml;
V_E	maximales Eichprobenvolumen (4,0 ml)
β_S	Massenkonzentration der Standartlösung an Ammonium-Stockstoff (N) in mg/l.

Auf der Ordinate werden die zugehörigen Werte für die Extinktion aufgetragen. Für diese so erhaltene Messwertreihe ermittelt man die Ausgleichsgrade. Der Reziprokwert der Steigung dieser Gerade ergibt den Faktor f_s mit der Einheit mg/l. Der Ordinatenabschnitt ist der berechnete Blindwert A_{SO} . Dieser, sowie die Steigung der Geraden sind von Zeit zu Zeit, und stets dann, wenn neue Chemikalien verwendet werden, auf signifikante Abweichungen zu überprüfen. Für jedes angewandte Verfahren, für jedes Photometer und für jede Schichtdicke einer Küvette muss eine eigene Eichkurve erstellt werden. [27]

4.2.8.3 Auswertung

Die Massenkonzentration der Wasserprobe an Ammonium-Stickstoff wird berechnet nach der Gleichung:

$$\beta = \frac{(A_S * A_{SO}) * f_s * V_{max}}{V_P}$$

Dabei ist:

β	Massenkonzentration der Wasserprobe an Ammonium-Stickstoff (N), in mg/l;
A_S	Extinktion, Wasserprobe
A_{SO}	berechnete Extinktion der Blindprobe
f_s	ermittelter Faktor mit der Einheit mg/l
V_{max}	maximal eingesetztes Volumen der Wasserprobe
V_P	angewandtes Volumen der Wasserprobe, in ml.

Die Angaben der Ergebnisse werden auf 0,01 mg/l gerundet angegeben, jedoch nicht mehr als zwei signifikante Stellen.

Beispiele:

Ammonium-Stickstoff (N) 0,43 mg/l

Ammonium-Stickstoff (N) $1,2 \cdot 10^3$ mg/l

4.2.9 Quecksilber

In natürlichen Gewässern sind Quecksilberverbindungen im Allgemeinen in nur sehr geringen Konzentrationen von weniger als 0,1 µg/l enthalten. Höhere Konzentrationen können z. B. in industriellen Abwässern auftreten. Quecksilber kann sowohl in anorganischer Form als auch organisch gebunden vorliegen. Auch eine Anreicherung von Quecksilber in Sedimenten und Schlamm ist möglich. Im folgenden wird ein Verfahren nach DIN EN ISO 12846 : 2012-08 mit Anreicherungs-schritten beschrieben . Es ist ein Bereich von 0,01µg/l bis 1 µg/l analysierbar. [28]

4.2.9.1 Benötigte Geräte und Reagenzien

Reagenzien und Wasser können Quecksilber als Verunreinigung enthalten. Für eine hohe Empfindlichkeit müssen ultra-reine Reagenzien oder solche mit im Vergleich zur niedrigsten Analytkonzentration vernachlässigbaren Quecksilberkonzentration verwendet werden. Für den Versuch zur Bestimmung des Quecksilbers werden folgende Reagenzien benötigt:

- Wasser, der Qualität 1 nach ISO 3696;
- Kaliumbromat-Lösung, aus 1,39 g Kaliumbromat in 250ml Wasser;
- Kaliumbromid- Kaliumbromat-Reagenz;
- Hydroxylammoniumchlorid-Lösung, aus 6,0g Hydroxylammoniumchlorid und Wasser;
- Salpetersäure;
- Salzsäure;
- Zinn(II)-chlorid-Lösung;
- Blindwert-Lösung, aus 1,0ml Salzsäure, 2ml Kaliumbromid-Kaliumbromat-Reagenz;
- Quecksilber- Standardlösung;
- Quecksilber- Stammlösung 10 mg/l, 100 µg/l, 1 µg/l;
- Kalibrierstandards;
- Salpetersäure-Reinigungslösung

Es werden unter anderen folgende Geräte benötigt. Glasgeräte sind mit verdünnter Salpetersäure sorgfältig zu spülen.

- Atomabsorptions-Spektrometer, ausgerüstet mit Kaltdampf-Generator, einer Quarz- oder Glasrohr- Atomisierungseinheit und einem Untergrundkompensator;

- Strahlungsquelle, für die Bestimmung von Quecksilber, z.B. Hohlkathodenlampe, Hochleistungs- Hohlkatodenlampe, elektrodenlose Entladungslampen oder Quecksilber- Niederdrucklampen;
- Kaltdampfgenerator mit kontinuierlichem Durchflusssystem;
- Quarzrohr mit geeignetem Heizsystem und mit einem Absorbens, das eine Amalgamierung ermöglicht.

4.2.9.2 Durchführung

Die Geräte sind entsprechend den Anweisungen des Herstellers zu konfigurieren. Es ist der Reagenzien-Vorlagebehälter mit Blindwert-Lösung und Zinn(II)-chlorid-Lösung zu füllen und zu prüfen ob nach dem Einschalten der Pumpe die Lösungen problemlos und mit konstanter Flussrate durch die Schläuche gepumpt werden. Die Gerätesoftware für die Durchführung quantitativer Analysen einstellen. Ebenfalls nach den Anweisungen des Herstellers die Einstellungen für den Kaltdampfgenerator mit kontinuierlichem Durchflusssystem und für das Anreicherungssystem vornehmen. Kurz vor der Messung 100 µl der Hydroxylammoniumchlorid-Lösung zu je 10 ml Proben-, Standard- oder Blindwert-Lösung geben. Dadurch wird überschüssiges Brom entfernt, erkennbar am Verschwinden der Gelbfärbung der Probe. Für Proben- und Blindwert-Lösungen mit zusätzlicher Kaliumbromid-Kaliumbromat-Lösung, kann es erforderlich sein, zusätzliche Hydroxylammoniumchlorid- Lösung hinzuzugeben, um überschüssiges Brom zu entfernen. Das System mit Blindwert-Lösung und Zinn(II)-chlorid-Lösung stabilisieren lassen. Die Stabilität durch wiederholtes Messen des Nullwertes kontrollieren. Ist die Stabilisierungszeit zu kurz, könnte sich die Basislinie während eines Messlaufes ändern.

Das Standardadditionsverfahren kann angewendet werden, um Fehler durch Matrixeffekte zu kompensieren, vorausgesetzt es treten keine additiven Fehler auf und die Absorption der aufgestockten Probe liegt im linearem Arbeitsbereich des Verfahrens, d. h.: die Ergebnisse liegen im linearen Bereich der Kalibriergeraden. [28]

4.2.9.3 Berechnung

Die Verdünnung, die bei der Probenahme und durch die Probenvorbereitung erfolgte, muss bei den Berechnungen berücksichtigt werden. Dies gilt auch für weitere gegebenenfalls notwendige Verdünnungsschritte. Die Quecksilberkonzentration wird nach folgender Gleichung berechnet. Die Massenkonzentration wird üblicherweise durch die Software des Geräts berechnet.

$$\rho = \frac{(A * A_S) * V_M}{b * V_P}$$

Dabei bedeutet:

- ρ die Quecksilberkonzentration in der Probe, in Mikrogramm je Liter ($\mu\text{g/l}$);
- A die Extinktion oder integrierte Extinktion in der Messlösung;
- A_S die Extinktion oder integrierte Extinktion in der Blindwert-Lösung;
- V_M das Volumen der Messlösung, in Milliliter (ml)
- b die Steigerung der Kalibrierkurve und als Maß für die Sensitivität, in Liter je Mikrogramm ($\text{l}/\mu\text{g}$)
- V_P das Volumen der Probe, das für die Herstellung der Messlösung verwendet wird, in Milliliter (ml).

Die Ergebnisse werden in geeigneten Einheiten angegeben und es muss darauf geachtet werden, dass der Verdünnungsfaktor der einzelnen Proben berücksichtigt werden muss. Die Ergebnisse werden mit zwei signifikanten Stellen angegeben. [28]

Beispiel:

Quecksilber (Hg) 0,17 $\mu\text{g/l}$

Quecksilber (Hg) 0,078 $\mu\text{g/l}$

5 Feldversuch

5.1 Untersuchungskonzept

Das Untersuchungskonzept baut auf den Ergebnissen des VWU-Bachelorprojektes aus dem Jahr 2016 auf. Zur Erkundung der chemischen und biologischen Zusammensetzung wurden 4 Schürfen geplant.

5.2 Probenentnahmeplan

Soll die räumliche Verteilung der Schadstoffe ermittelt werden, ist die zu untersuchende Fläche grundsätzlich unter Zuhilfenahme eines Rasters repräsentativ zu beproben. Das Raster ist unter Berücksichtigung von Faktoren, wie einem Altlastenverdacht oder einer ehemaligen Bebauung, zu wählen. Da aus dem Altlastenverzeichnis keine Gefährdung ausgeht, wurde der Probenentnahmeplan an der ehemaligen Größe des Teiches festgemacht, da auf dieser Fläche der Bodenaushub stattfinden soll.

Um die räumliche Verteilung der Schadstoffe zu ermitteln wurde vor dem Feldversuch ein Probenentnahmeplan erstellt. Außerdem wurde die Fläche Schichtweise horizontal geteilt, um die Schadstoffverteilung nachvollziehen zu können, die Teilung erfolgt in den Tiefen 0,5m und 1,0m. Um eine quantitative Bewertung über die Kontamination des Gebietes zu erhalten, wurde ein Raster erstellt mit den Kantenlängen von 20m. Im Mittelpunkt der wurden die Schürfen angesetzt. Außerdem soll mit dem Erstellen der Schürfen, der Grundwasserspiegel abgeglichen bzw. beschrieben werden. Die Baggerschürfe ist notwendig, da repräsentative Materialproben entnommen werden können.

5.3 Klimatische Bedingungen

Zum Zeitpunkt der Feldarbeiten herrschten folgende Bedingungen:

- Zeitpunkt der Entnahme: 06.11.2018 / 11:00 – 15:30 Uhr
- Lufttemperatur: 14 bis 16 °C
- Witterung: trocken, sonnig

5.4 Durchführung

Die Durchführung des Versuches begann mit dem Abstecken der Schürfe. Dies erfolgte mit dem einem 20m Maßband. Anschließend wurden die Oberflächenhöhen mittels einem Rotationslaser gemessen, die Höhen wurden in den Geländeplan eingetragen und für den Grundwasserschnitt verwendet. Die Schürfe wurden mit einem Minibagger erstellt an dem ein Tieflöffel mit Schneide angebaut war. Dieser ist notwendig gewesen, um eine Durchmischung der Schichten zu vermeiden. Die Entnahme von Bodenproben erfolgte schichtweise nach der geologischen und organoleptischen Ansprache. Der Geräteführer hat das entnommene Material seitlich zu kleinen Haufwerken gelagert. Die Probenentnahme aus dem Haufwerk wurde mittels einer Aluminium Handschaufel durchgeführt welche nach jeder Beprobung eines Haufwerkes gereinigt wurde. Für die Probennahme wurden pro Haufwerk mehr als 12 Einzelproben genommen, welche in einem PVC-Behälter (steriler Eimer mit Deckel) gefüllt, intensiv homogenisiert, beschriftet und fest verschlossen wurde.

5.4.1 Schürfe A

Nach dem Abstecken und der Höhenmessung konnte mit den Schüfen begonnen werden. Die Schürfe A lag 7m östlich von der südöstlichen Ecke des Bestandgebäudes „Störchenhäusl“. Anfänglich wurde der Oberboden abgetragen und auf -50cm unterhalb der Geländeoberkante ausgehoben. Das Aushubmaterial wurde seitlich gelagert. Die obersten 50cm bestanden aus anthropogenen Aufschüttungen gemischt mit heimischen Schiefer in unterschiedlichen Größen, das Material war Trocken und roch neutral. Die Einzelproben wurden in einen PCV-Eimer gefüllt und mit dem Namen GR-A-P1 beschriftet. Die Schicht zwischen 0,50m UK und 1,0m UK bestand aus Reststoffen wie Bauschutt und Abfällen wie Metall jedoch in Mengen <10%, der restliche Anteil bestand aus Schluff, welcher mit organischen Bestandteilen versetzt war. Der Geruch war leicht modrig und die Konsistenz war erdfeucht und breiig. Eine klare Schichtgrenze war durch die anthropogene Aufschüttung nicht erkennbar. Nach dem Ausheben auf 1,0m UK Boden pegelte sich der Grundwasserstand auf 83cm Unterkante Boden ein. Dem verwendeten Eimer wurde die Bezeichnung GR-A-P2 gegeben. Der Aushub bis 1,4m Unterkante Boden bestand aus Bauschutt, Hausmüll, organischen Sedimenten (abgesetztes Material aus ehemaligen Teich) Schiefer und Schluff. Da das Material im Grundwasser lag, war die Konsistenz nass und breiig. Der Geruch war modrig und die Farbe war dunkelgrau bis schwarz und leicht

glänzend. Es wurde der Name GR-A-P3 für die Identifizierung der Probe gegeben. Weitere Einzelheiten zur Probennahme können dem Probennahmeprotokoll in der Anhang 4 entnommen werden.



Abbildung 5 Schichtaufbau Schürfe A

5.4.2 Schürfe B

Die Schürfe B lag 9,00m westlich in der Flucht der südlichen Kante des Bestandsgebäudes. Der Boden zwischen 0,00m und 0,50m UK Boden bestand aus gut verdichteten Frostschutz und einigen Sandadern. Der Boden roch neutral und war erdfeucht. Er änderte seine Farbe von grau über braun bis zu gelblich. Die unterschiedlichen Farben entstehen aufgrund der inhomogenen Auffüllung. Der Probennahme dieser Mischprobe wurde GR-B-P1 genannt. Je tiefer ausgehoben wurde, desto dunkler wurde der Aushub. Das Material zwischen den Tiefen 0,5m unterhalb Oberkante und 1,0m unterhalb Oberkante roch modrig und muffig. Es enthielt viele organische Anteile wie Wurzeln, verrottetes Holz aber auch Hausmüll wie Kunststoff und Glas. Das Material war sehr feucht und enthielt unter anderen heimischen Schiefer. Der Grundwasserspiegel pegelte sich bei 85cm unterhalb der Geländekante ein. Das Aushubmaterial zwischen den Tiefen 1,0m unterhalb Geländekante und 1,5m unterhalb Geländekante war durch das anstehende Grundwasser sehr breiig. Die Farbe war dunkelgrau bis schwarz und es roch muffig. Es Bestand aus einem hohen Anteil von organogenen Sedimenten wie Holz, Wurzeln und Stroh sowie Kunststoffmüll. Die

Einzelproben wurden wieder in einen PVC-Eimer gefüllt und mit der Aufschrift GR-B-3 versehen.



Abbildung 6 Schichtaufbau Schürfe B

5.4.3 Schürfe C

Die Schürfe C lag 14m südlich in der Flucht zu Schürfe B. Es wurde erneut der Oberboden abgetragen und bis zu einer Tiefe von 50cm unterhalb der Geländeoberkante ausgehoben. In einer Tiefe von 20cm - 28cm wurden Abfälle gefunden welche sehr muffig sowie nach Teer rochen. Die Konsistenz ist asphaltähnlich gewesen und der Boden war sehr hart. Das asphaltähnliche Material hatte Beimengungen von Bauschutt. Darunter folgen anthropogene Auffüllungen welche Schluff und heimischen Schiefer enthielten. Das Material wurde in einen PVC-Eimer gefüllt und mit der Bezeichnung GR-C-1 identifiziert. Zwischen den Tiefen 0,5m unterhalb Geländekante und 1,0m unterhalb Geländekante wurde das Material feuchter und es enthielt biologische Abfälle aus den Sedimenten des ehemaligen Teiches. Das Material roch weiterhin leicht ölig. Die Konsistenz war halbfest und die Farbe grau bis braun. Es das zu beprobende Material bekam die Identifizierung GR-C-P2. Der Grundwasserstand pegelte sich bei 0,86m Unterhalb der Geländeoberkante ein. Zwischen den Tiefen von 1,0m unter Geländeoberkante und der Tiefe 1,5m unter Geländeoberkante wurden Teichsedimente gefunden gemischt mit heimischen Schiefergestein in unterschiedlichen Größen sowie Hausmüll. Der Anteil an Bauschutt lag unter 10 Vol.-%.



Abbildung 7 Schichtaufbau Schürfe C

5.4.4 Schürfe D

Die Entnahmestelle für die 4. Schürfe lag 14 Meter südlich von der Schürfe A entfernt. Das Raster ist somit vollständig. Nachdem der Oberboden abgetragen war wurde auf eine Tiefe von 0,5m unterhalb der Geländeoberkante gegraben. Das Material war kiesig-sandig und äußerst inhomogen. Das Material war frostschutzartig und leicht verwittert. Es wurden mehrere Schichten des inhomogenen Bodens abgegraben wodurch mehrere Farben sichtbar wurden, darunter zählt ein dunkelgrauer Frostschutz bis hin zu gelben Sandadern. Der Boden roch neutral. Die Schicht bis 1,0m unterhalb der Oberkante roch leicht modrig und war klebrig-feucht. Er enthielt außerdem geringe Anteile an Bauschutt, organischer Anteil war vorhanden aber nur in kleiner Menge. Der Grundwasserstand stabilisierte sich auf einer Höhe von 94cm unterhalb der Geländekante. Das ausgehobene Material zwischen den Tiefen 1,0m und 1,5m unterhalb Geländekante war sehr flüssig und bestand aus Schiefer gemischt mit Schluff. Es roch modrig und war braun, außerdem enthielt es organisches Material sowie Bauschutt in kleinen Mengen.



Abbildung 8 Schichtaufbau Schürfe D

6 Geologie

6.1 Baugrundsichtung

Nach den Eintragungen der geologischen Karte stehen im Tal des Dorfes Gräfenthal fluviatile Ablagerungen an, welche eine Mächtigkeit von bis zu 3m haben. Darunter befindet sich eine bis zu 250m mächtige sandige Siltschieferschicht. Bei den Feldarbeiten wurde direkt unterhalb der Oberfläche eine flächendeckende anthropogene Auffüllungsschicht angetroffen. Diese besteht aus sandigen Schiefer mit Geröll mit wechselnden Anteilen an anthropogenen Reststoffen (Ziegelbruch, Bauschutt, Schlacke, Asphaltreste, Hausmüll). Die Anschüttung wurde bis in Tiefen von 1,2m u. GOK nachgewiesen. Darunter wurden Teichsedimente und Teichschlämme angetroffen, welche eine Mächtigkeit von bis zu 1,6m u. GOK zeigten. Gewachsener Boden wurde bei dem Feldversuch nicht angetroffen. Allgemein wurden bei der Untersuchung folgender vereinfachte Bodenaufbauten festgestellt:

6.2 Anthropogene Anschüttung

- 0,0 bis 0,1m „Oberboden“
Feinsteine bis Mittelsteine mit schluffigen Sand, humos,
leicht bis stark durchwurzelt, grau bis schwarz
Reststoffanteil < 10%
- 0,1 bis 1,2m „Füllboden“
Feinsteine bis Grobsteine, Kiessand sowie schluffiger Sand,
hoher organischer Anteil
grau- braun, dunkelbraun, grau schwarz
Reststoff: Bauschutt, Ziegelbruch, Hausmüll, organischer
Müll, Asphaltreste
- 1,2 bis 1,6m „Teichsedimente“
Verrottetes Holz, Stroh usw. in Verbindung mit Schlämmen
und Schiefergestein
grau- braun bis schwarz
Reststoffe: Bauschutt, Hausmüll

6.3 Grundwasser

In den Baugrundaufschlüssen vom 06. November 2018 wurde ab einer Tiefe von 83cm unterhalb Geländeoberkante Grundwasser bzw. ein ausgeprägter Schichtwasserhorizont angeschnitten.

In hydrologisch ungünstigen Jahreszeiten (andauernde Starkregenfälle, Schneeschmelze) muss mit einem verstärkten Schichtwasseranfall gerechnet werden. Aktuelle Angaben zum HGW, dem höchst zu erwartenden Grundwasserstand, liegen dem Bearbeiter nicht vor.

Die oberflächennahe Entwässerung wird auf der Grundlage des allgemeinen Geländegefälles sowie der Abflussrichtung des Bachlaufs des östlich des Grundstücks fließenden Gebersbach ausgerichtet sein.

7 Laborversuche

Aufgabenstellung dieser Arbeit ist die Analyse von Bodenproben mit den geotechnischen Untersuchungsgeräten des Umweltlabors, der Fachhochschule Erfurt. So konnten die Versuche der Probenvorbereitung und des Trockenrückstandes durchgeführt werden. Außerdem wurden physikalische Werte wie der pH-Wert und der elektrischen Leitfähigkeit gemessen. Ein Eluat wurde für jede Mischprobe hergestellt und auf die Metallischen Parameter wie Kupfer, Nickel und Zink sowie auf anorganische Stoffe wie Sulfat getestet.

7.1 Probenvorbereitung

Das Thema Probenvorbereitung beschränkt sich auf die Arbeiten im Labor. Da die Feldproben meistens von der Grundmenge größer sind, als im Labor benötigt werden, werden diese durch Teilen zur Laborprobe verjüngt. Dabei kommt der Homogenisierung des Materials besondere Bedeutung zu. Das Homogenisieren und Teilen wurde durch Kegeln und Vierteln sowie mit der Hilfe von einem Probenteiler durchgeführt.

Das Probengut wurde auf dem gereinigten PVC-Bodenbelag des Umweltlabors der Fachhochschule Erfurt zu einem Kegel aufgehäuft. Dieser Kegel wurde zur Homogenisierung dreimal umgesetzt, anschließend erfolgte die Teilung durch ein Teilungskreuz. Von den entstandenen Vierteln wurden die zwei gegenüberliegenden zu einem neuen Kegel mittels einer Aluminium Handschaufel vereinigt. Die anderen beiden



Abbildung 9 Probenteilung nach dem Kegelverfahren (Probe GR-A-P1)

Viertel wurden verworfen. Dieser Vorgang wurde so oft wiederholt bis ein geeignetes Volumen vorhanden war.

Von wesentlicher Bedeutung für die Probenvorbereitung ist das Trocknen der Probe. Hierbei ist darauf zu achten, dass bei Verfahren, welche Temperaturen von über 40°C zulassen, Verluste anorganischer Parameter, wie bei der Verflüchtigung von Spurenstoffen wie z.B. Quecksilber, auftreten können. Daher wurde das Verfahren der Lufttrocknung gewählt. Es wurde eine bekannte Menge der Probe auf ein Blech ausgebreitet und für mindestens 24h bei Umluft getrocknet. Anschließend wurde durch Zerkrümeln einzelner Brocken per Hand der Trocknungsgrad geprüft.

Von wesentlicher Bedeutung für die Probenvorbereitung ist das Trocknen der Probe. Hierbei ist darauf zu achten, dass bei Verfahren, welche Temperaturen von über 40°C zulassen, Verluste anorganischer Parameter, wie bei der Verflüchtigung von Spurenstoffen wie z.B. Quecksilber, auftreten können. Daher wurde das Verfahren der Lufttrocknung gewählt. Es wurde eine bekannte Menge der Probe auf ein Blech ausgebreitet und für mindestens 24h bei Umluft getrocknet. Anschließend wurde durch Zerkrümeln einzelner Brocken per Hand der Trocknungsgrad geprüft.

In Abhängigkeit des Untersuchungsziels ist es notwendig bei heterogenen Laborprobenmaterialien eine Sortierung durchzuführen. Hierbei wurden Fremdmaterialien wie z.B. metallische und mineralische Anteile aussortiert. Außerdem ist in der DIN 12457-4 „Herstellung des Eluat“ vorgeschrieben, dass eine Korngrößenreduzierung durchzuführen ist, wenn der Anteil an Körnern größer 10mm eine Masse von 5% überschreiten. Die Kornzerkleinerung wurde mittels eines Hammers in einer Metallschale durch Zertrümmern durchgeführt. Anschließend wurde das Material der Probe hinzugegeben und erneut durchmischt. [29]

7.2 Bestimmung des Gehalts des Trockenrückstandes und des Feuchtegehalt

Die Durchführung zum Bestimmen des Trockenrückstands wurde im Kapitel 4.1.2 beschrieben. Im Folgenden wird auf die Berechnung des Trockenrückstands für eine Probe eingegangen.

Der Trockenrückstand, angegeben als Massenanteil in Prozent oder Gramm je Kilogramm, wurde für die GR-A-P1 nach, folgender Gleichung berechnet:

$$w_{dr} = \frac{(m_c - m_a)}{(m_b - m_a)} * f$$

Dabei ist:

w_{dr} = der Trockenrückstand der Schlammprobe, in Prozent oder Gramm je Kilogramm [%], [g/kg];

w_w = der Wassergehalt der Schlammprobe, in Prozent oder Gramm je Kilogramm [%], [g/kg];

m_a = die Masse der leeren Schale oder des Tiegels, in Gramm [g];

m_b = die Masse der Schale oder des Tiegels mit der Probe, in Gramm [g];

m_c = die Masse der Schale oder des Tiegels mit der Trockenmasse des Schlamms, in Gramm [g];

f = der Umrechnungsfaktor, $f=100$ für die Angabe der Ergebnisse in % und $f=1000$ für die Angabe, in Gramm je Kilogramm;

<u>GR-A-P1</u>	<u>Behälter: GB-14</u>
$w_{dr} = 88,816 \%$	$w_w = 11,184 \%$
$m_a = 214,10 \text{ g}$	$m_b = 750,85 \text{ g}$
$m_c = 690,82 \text{ g}$	$f = 100$

Die Ergebnisse der weiteren Proben sind in der folgenden Tabelle dargestellt. Die Proben haben einen Trockenrückstand zwischen 88,25 % und gerade einmal 72,41 %. Der untere Wert ergibt sich daraus, dass die Proben im Grundwasser standen und daher sehr feucht waren.

$$W_{dr} = \frac{(m_c - m_a)}{(m_b - m_a)} * f$$

$$W_w = \frac{(m_b - m_c)}{(m_b - m_a)} * f$$

Ergebnisse:

[%]	A-P1	A-P2	A-P3	B-P1	B-P2	B-P3
$w_{dr} =$	88,82	80,77	72,41	88,25	82,01	74,75
$w_w =$	11,18	19,23	27,59	11,75	17,99	25,25

[%]	C-P1	C-P2	C-P3	D-P1	D-P2	D-P3
$w_{dr} =$	86,99	81,13	75,43	84,33	77,00	72,85
$w_w =$	13,01	18,87	24,57	15,67	23,00	27,15

Tabelle 7, Ergebnisse des Trocken- und Feuchtegehaltes

Prüfbericht:

- Der Versuch zur Ermittlung des Trockenrückstandes, wurde nach der DIN EN 14346 durchgeführt.
- Die Probenidentifizierung lautet: GR-A-P1.
- Es wurde nach dem Verfahren „Trocknung bei einer Temperatur von 105°C“ gearbeitet
- Ermittelter Trockenrückstand $w_{dr} = 88,816 \%$
Ermittelter Wassergehalt $w_w = 11,184 \%$.

7.3 Eluatherstellung

Die Durchführung für die Auslaugung von körnigen Abfall und Schlämmen mittels dem einstufigen Schüttelverfahren mit einem Flüssigkeits-/ Feststoffverhältnis von 10l/kg für Materialien mit einer Korngröße von unter 10mm wurde bereits im Kapitel 4.2.1 beschrieben.

Im Anschluss wird der Versuch für die Probe GR-A-P1 aufgeschlüsselt und beschrieben. Da in der DIN EN 12457-4:2002 eine Korngröße kleiner 10mm vorausgesetzt wird, ist eine Korngrößenreduzierung notwendig. Diese wurde bereits im Abschnitt 7.1 beschrieben. Der Trockenrückstand, welcher im Abschnitt 7.2 ermittelt wurde ist Voraussetzung für die

Erstellung des Eluats. Da für den Versuch die feldfeuchte Probe verwendet wird, ist die Masse der ungetrockneten Probe in Kilogramm zu ermitteln, dies geschieht über das Verhältnis zwischen der Trockenmasse, welche $0,09\text{kg} \pm 0,005\text{kg}$ betragen soll, und dem Trockengehalt der Probe. Berechnet wird dies über folgende Gleichung:

$$M_G = \frac{100 * M_T}{TG}$$

Dabei ist:

M_G = die Masse der ungetrockneten Probe in Kilogramm [kg];

M_T = die Trockenmasse der Messprobe, in Kilogramm [kg];

TG = der Trockenmassengehalt in Prozent [%].

Mit folgenden Gleichungen wird das benötigte Volumen an Auslaugungsmittel berechnet:

$$L = \left(10 - \frac{FG}{100}\right) * M_T$$

Dabei ist:

L = das Volumen des verwendeten Auslaugungsmittels, in Liter [l];

FG = der Feuchtegehalt, in Prozent [%];

M_T = die Trockenmasse der Messprobe, in Kilogramm [kg].

GR-A-P1

Behälter: GB-15

M_T = $0,090\text{ kg} \pm 0,005\text{kg}$

TG = $88,816\%$

M_G = $0,1013\text{ kg}$

FG = $11,184\%$

L = $0,890\text{ l}$

Nach der Berechnung, der zu nutzenden Menge der feuchten Probe und dem Volumen des Auslaugungsmittels, wurden beide Komponenten in eine Flasche gegeben, um anschließend 24 Stunden in einer Schüttelvorrichtung mit $8 \text{ U} \cdot \text{min}^{-1}$ durchmischt zu werden. Nachfolgend wurden die suspendierten Stoffe für ca. 15 Minuten absetzen gelassen. Daraufhin wurden das Eluat durch Papierfilter gefiltert und anschließend durch ein $0,45 \text{ }\mu\text{m}$ - Membranfilter unter Verwendung einer Druckspritze filtriert. Das daraus gewonnene Eluat war farblos und es war keine Verunreinigung sichtbar.



Abbildung 10, Filtrieren der suspendierten Stoffe mittels Papierfilter

Pro zu untersuchende Probe wurde mindestens 100ml Eluat hergestellt. Das Eluat wurde unverzüglich auf die elektrische Leitfähigkeit, die Temperatur und dem pH-Wert getestet. Außerdem wurde eine Blindprobe erstellt, welche ein Volumen von 0,95l des Auslaugungsmittels enthielt. Das Auslaugungsmittel wurde dem gesamten Verfahren unterzogen, mit Ausnahme des Sieb-, Zerkleinerungs- und Teilungsprozess, aber einschließlich der Eluatanalyse.

7.4 Elektrische Leitfähigkeit

Die elektrische Leitfähigkeit wurde mit einem Leitfähigkeitsmessgerät gemessen. Hierbei war darauf zu achten, dass sich die Durchfluss- und Eintauchzelle im Eluat befindet. Dieses Gerät hat eine Zellkonstantenkorrektur integriert, sodass die elektrische Leitfähigkeit direkt abgelesen werden konnte. Im folgenden Bild ist das Gerät bei einer Messung zu sehen.



Abbildung 11, Gerät zur Messung der elektr. Leitfähigkeit

7.5 pH-Wert

Der pH-Wert wurde ähnlich wie bei der Messung der elektrischen Leitfähigkeit mit einem Gerät gemessen welches, direkt ein Ergebnis aufzeigt. Bei der Messung musste darauf geachtet werden, dass gleiche Bedingungen vorherrschen wie zum Beispiel die Temperatur ähnlich bleibt. Es wurde in kleinen Bechern gemessen, dies war notwendig, da sich die Bezugselektroden im Eluat befinden müssen. Zwischen den Messungen wurde die Messkette in destilliertes Wasser gelegt um keine Verfälschung von den unterschiedlichen Eluaten zu bekommen. In der folgenden Abbildung ist das Gerät bei der Messung zu sehen. Zusätzlich sind die Ergebnisse für die elektrische Leitfähigkeit, der Temperatur, der Menge des Eluats sowie der pH-Wert für die untersuchten Proben.



Abbildung 12, Gerät zur Messung des pH-Wertes

	Einheit	A-P1	A-P2	A-P3
elektrische Leitfähigkeit	mS/cm	0,427	2,89	3,11
Temperatur	°C	21	21,1	21,2
Menge Eluat	ml	50	130	125
pH-Wert	-	8,24	7,61	7,50

	Einheit	B-P1	B-P2	B-P3
elektrische Leitfähigkeit	mS/cm	0,37	2,71	2,74
Temperatur	°C	21,1	21,1	21,2
Menge Eluat	ml	125	130	125
pH-Wert	-	7,85	7,65	7,55

	Einheit	C-P1	C-P2	C-P3
elektrische Leitfähigkeit	mS/cm	0,65	1,14	2,38
Temperatur	°C	21,1	21	21
Menge Eluat	ml	125	125	125
pH-Wert	-	7,95	8,08	5,65

	Einheit	D-P1	D-P2	D-P3
elektrische Leitfähigkeit	mS/cm	0,863	0,827	0,939
Temperatur	°C	21	21	21
Menge Eluat	ml	120	125	120
pH-Wert	-	7,88	7,60	6,65

Tabelle 8, Ergebnisse der elektr. Leitfähigkeit, Temperatur, Volumen u. pH-Wert

7.6 Spektralphotometer

Mit dem Spektralphotometer DR 2800 von der Firma Lange, welches im Gerätesortiment der Fachhochschule ist, könnte auf die Stoffe Sulfat, Zink, Kupfer und Nickel, im Eluat, getestet werden. [30]

7.6.1 Nickel

Die Bestimmungsgrenze von Nickel geht von 0,1 – 6 mg/l ohne Verdünnung der Probe, wobei der untere Grenzwert für die Z 0 Grenze bei 0,04 mg/l liegt. Außerdem waren die Reagenzien im Februar 2008 abgelaufen, dies entspricht mehr als 10 Jahre. Der Versuch wurde trotzdem durchgeführt, um die Proben zu beurteilen. Für die Versuche zur Bestimmung der Bestandteile im Eluat wurden folgende Geräte benötigt:

- Spektralfotometer [Lange, DR 2800]
- Analyseküvetten mit Zusatzmittel
- Einkanalpipette 1 ml – 10 ml
- Einkanalpipette 0,05 ml – 2,00 ml
- Küvettenhalter
- Stoppuhr
- Becherglas



Abbildung 13, benötigte Geräte zur Ermittlung der Anteile an Kupfer, Zink, Sulfat und Nickel

Die Analyseküvette wurde in ein Küvettenhalter gestellt, um anschließend 2 ml der Probe mit der Einkanalpipette in die Analyseküvette zu tropfen. Anschließend wurde die Küvette geschüttelt, sodass eine Durchmischung gewährleistet wurde. Folglich wurde 0,2 ml der Nickellösung dazugeben und wiederholt geschüttelt. Nach 3 Minuten Wartezeit konnte die fertig vorbereitete Küvette über das Spektralfotometergerät mittels des Barcodetests analysiert werden. Anhand der Daten aus der Barcodeerkennung stellte das Gerät automatisch die Wellenlänge und Faktoren der Messung ein. Wird eine Abweichung der Barcodedaten zu den abgespeicherten Daten festgestellt bzw. handelt es sich um einen neuen Test, fordert das Gerät zur Datenaktualisierung auf. Der Versuch wurde für die 12 Mischproben und einer Blindprobe durchgeführt. Die Ergebnisse sind in folgender Tabelle zusammengestellt. Die Blindprobe ergab einen Wert von 0,049 mg/l Eluat, was bedeutet, dass es in den Zuordnungswert Z 2 eingestuft werden muss. Dieses Ergebnis enthält Fehler.

Probe		A-P1	A-P2	A-P3	B-P1	B-P2	B-P3
Nickel	in mg/l	0,081	0,223	0,667	0,073	0,2586	0,455
Z-Wert LAGA		> Z 2	> Z 2	> Z 2	> Z 2	> Z 2	> Z 2

Probe		C-P1	C-P2	C-P3	D-P1	D-P2	D-P3
Nickel	in mg/l	0,112	0,187	1,145	0,117	0,178	0,216
Z-Wert LAGA		> Z 2	> Z 2	> Z 2	> Z 2	> Z 2	> Z 2

Tabelle 9 Ergebnisse Versuch zur Bestimmung von Nickel im Eluat

7.6.2 Kupfer

Die Bestimmung des Kupferanteils ist sehr ähnlich zu der Bestimmung des Nickelanteils im Eluat. Für diesen Versuch werden die gleichen Geräte und Hilfsmittel benötigt wie schon in 7.6.1. beschrieben. Die Anwendungsgrenze dieses Versuchen liegt bei 0,1 – 8,0 mg/l im Eluat, außerdem sind die Reagenzien im August 2012 abgelaufen, dies entspricht eine Zeit von über 8 Jahren. Die untere Beurteilungsgrenze der LAGA M20 liegt bei 0,05 mg/l somit kann bei dieses Verfahren nicht für die untere Grenze, in diesem Fall Z0 verwendet werden. Für den Versuch wurden 2 ml der Probe in die vorbereitete Küvette geträufelt und anschließend mittels schütteln durchmischt. Folglich wurde 3 Minuten gewartet und nochmals durchmischt. Anschließend konnte die Küvette in das Spektralfotometer gestellt werden, welches den Barcode entzifferte und automatisch die Wellenlänge und die Faktoren der Messung einstellt. Die Ergebnisse der Messung sind in der untenstehenden

Tabelle aufgelistet. Die Blindwertmessung ergab einen Anteil von 0,295 mg/l Kupfer im Eluat. Dies entspricht dem drei fachen Zuordnungswert der Z 2 Einstufung.

Probe	A-P1	A-P2	A-P3	B-P1	B-P2	B-P3
Kupfer in mg/l	0,361	0,402	0,444	0,326	0,355	0,483
Z-Wert LAGA	> Z 2	> Z 2	> Z 2	> Z 2	> Z 2	> Z 2

Probe	C-P1	C-P2	C-P3	D-P1	D-P2	D-P3
Kupfer in mg/l	0,351	0,355	0,335	0,375	0,407	0,327
Z-Wert LAGA	> Z 2	> Z 2	> Z 2	> Z 2	> Z 2	> Z 2

Tabelle 10 Ergebnisse Versuch zur Bestimmung von Kupfer im Eluat

7.6.3 Zink

Weitere Aufgabe war es den Zink Anteil der 12 Proben zu bestimmen. Da für diesen Versuch die Analyseküvetten zur Verfügung standen wurde der Versuch wieder mit dem Spektralfotometer durchgeführt. Nachteil war, dass die Reagenzien für diesen Versuch im Januar 2008 abgelaufen sind, das entspricht einer Zeit von über 10 Jahren. Für den Versuch musste das Granulat, welches sich im Deckel der Küvette befindet, in die Küvette mit zusätzlich 0,2 ml der Probe gegeben werden. Das anschließende schütteln sowie das 3 Minuten warten, löste das Granulat auf und die Barcodeküvette war bereit zum Testen. Die Ergebnisse der Versuche sind in der untenliegenden Tabelle aufgelistet. Die Blindwertanalyse ergab, dass ein Zinkanteil von 0,161 mg/l vorhanden war. Dies entspricht dem Z 2 Zuordnungswert.

Probe	A-P1	A-P2	A-P3	B-P1	B-P2	B-P3
Zink in mg/l	0,173	0,137	0,874	0,166	0,381	1,050
Z-Wert LAGA	Z 1.2	Z 1.2	> Z 2	Z 1.2	Z 2	> Z 2

Probe	C-P1	C-P2	C-P3	D-P1	D-P2	D-P3
Zink in mg/l	0,171	0,236	3,520	0,211	0,191	0,975
Z-Wert LAGA	Z 1.2	Z 1.2	> Z 2	Z 1.2	Z 1.2	> Z 2

Tabelle 11 Ergebnisse Versuch zur Bestimmung von Zink im Eluat

7.6.4 Sulfat

Zum Bestimmen des Sulfatgehaltes der 12 Mischproben wurden Barcodeküvetten verwendet, deren Arbeitsbereich zwischen 40 und 150 mg/l liegen. Nachteil war, dass die Küvetten und Reagenzien, welche für den Versuch benötigt wurden im Januar 2009

abgelaufen sind, dies entspricht eine Zeit von fast 10 Jahren. Für den Versuch wurden 5ml von dem zu prüfenden Eluat in die Küvette überführt und anschließend eine Löffelspitze des Sulfatgranulat, welches der Küvetten beigelegt ist. Anschließend ist die Probe zu verschließen und für 2 weitere Minuten zu schütteln. Schließlich ist die Probe mit dem Spektralphotometer zu prüfen. Die Ergebnisse dieses Versuches liegen zwischen 68,2 mg/l und 444 mg/l. Die Ergebnisse sind in der untenstehenden Tabelle nochmals aufgelistet. Die Blindwertanalyse ergab, dass -13,9 mg/l Sulfat vorhanden ist. Dieses Ergebnis ist falsch. Fehler werden in der Auswertung gegenübergestellt.

Probe	A-P1	A-P2	A-P3	B-P1	B-P2	B-P3
Sulfat in mg/l	68,2	442	81	444	427	441
Z-Wert LAGA	Z 2	> Z 2	Z 2	> Z 2	> Z 2	> Z 2

Probe	C-P1	C-P2	C-P3	D-P1	D-P2	D-P3
Sulfat in mg/l	166	214	425	142	173	276
Z-Wert LAGA	Z 2	> Z 2	> Z 2	Z 2	Z 2	Z 2

Tabelle 12 Ergebnisse Versuch zur Bestimmung von Sulfat im Eluat

7.7 Auswertung

Die Ergebnisse welche bei den Versuchen ermittelt wurden, lassen schließen, dass alle Proben mit Abstand einer Belastungsklasse größer Z 2 eingestuft werden müssen. Da die Werte jedoch außergewöhnlich hoch sind, wird eine Fehlerbetrachtung angestellt. Die Messunsicherheit einer experimentell bestimmten Größe ist ein wichtiger Bestandteil des Messergebnisses, da diese das Vertrauensintervall angibt, in dem der eigentliche Wert liegen muss.

Bei der Diskussion um die Fehler im Experiment, sind grundsätzlich zwei wichtige Arten von Fehlerquellen zu unterscheiden: statistische und systematische Fehler. Systematische Fehler fassen alle Unzulänglichkeiten eines experimentellen Aufbau zusammen, welche reproduzierbar eine Abweichung des gemessenen Werts vom wahren Wert einer Größe in nur eine Richtung geben. Das bedeutet, dass ein Wert immer als zu hoch oder immer als zu niedrig bestimmt wird.

Mögliche systematische Fehler bei der Bestimmung von Nickel, Kupfer, Zink und Sulfat sind

- Falsch geeichte Waage
- Falsch geeichte Pipetten

Laborversuche

- Falsch Abgelesene Werte
- Kalibrierfehler des Spektralfotometer
- Abgelaufene Reagenzien
- Verschmutzte Gefäße
- Falsch berechnete Konzentration des Eluat

Bei mehrmaliger Wiederholung desselben Experiments können leichte unterschiedliche Ergebnisse erhalten werden. Diese Fehler werden statistische Fehler genannt. Sie lassen sich zurückführen auf:

- die Schwankungen äußerer Bedingungen wie z.B. Temperatur, Luftdruck, Luftfeuchte ...
- die Experimentatoren, richtiges, aber ungenaues Ablesen, Toleranzen beim Pipettieren.

Die Versuche, welche bisher durchgeführt wurden, hätten das Ergebnis, dass alle Proben einer Einstufungsklasse $> Z\ 2$ einzustufen sind. Da statische Fehler bekannt sind, welche nicht zu vernachlässigen sind, wurden die Ergebnisse als unglaubwürdig eingestuft und nicht für die weitere Bearbeitung verwendet! Für weitere Beurteilungen der Bodenverhältnisse wurde daher ein zertifiziertes Labor beauftragt eine Mischprobe, welche aus den Proben A-P1, A-P2, B-P1, B-P2, C-P1, C-P2, D-P1 und D-P2 erstellt wurde analytisch nach LAGA Boden (97) und nach den Ergänzungsparametern der Deponie Verordnung zu untersuchen.

8 Schadstoffuntersuchung

8.1 Allgemeines

Aufgrund der inhomogenen anthropogenen Auffüllung wurden die entnommenen Mischproben in den Tiefen von 0-1,0m u. GOK zu einer Sammelprobe zusammengefasst. Die Proben, welche unterhalb 1,0m u. GOK entnommen wurden, wurden im Labor der FH-Erfurt eingelagert aber keinen weiteren Prüfungen unterzogen.

Diese Schlussfolgerung stützt sich auf der Annahme, dass das neue Bauobjekt oberhalb des Grundwasserstands endet und kein Austausch zwischen Grund- und Teichwassers auftritt. Zusätzlich wurde eine Sammelprobe erstellt, da bei dem späteren Aushub keine Trennung der einzelnen anthropogenen Auffüllungen möglich ist. Die Sammelproben setzt sich aus den folgenden Mischproben zusammen: GR-A-P1, GR-A-P2, GR-B-P1, GR-B-P2, GR-C-P1, GR-C-P2, GR-D-P1 und GR-D-P2.

Zusätzlich zu der chemischen Analyse auf die Parameter der LAGA M20 wurde die Mischprobe auf die Zusatzparameter der Verordnung über Deponie und Langzeitlager (DepV) zur Ermittlung der Entsorgungsmöglichkeiten untersucht. Der chemische Prüfbericht kann dem Anhang 4 entnommen werden.

8.2 Analyseergebnisse

In der Anlage 2/1 und 2/2 werden die chemischen Einzelanalysen der Prüfwertkriterien tabellarisch gegenübergestellt. Die chemischen Analytikberichte sind der Anlage 4 zu entnehmen. Die chemische Analyse an der Bodenmischprobe der erstellten Sammelprobe hat eine Schadstoffkonzentration ergeben, die deutlich über den Prüfwertkriterien der LAGA 97 und der LAGA M20 2004 liegen.

In der Sammelprobe der anthropogenen Auffüllung wurden bei den Parametern Cadmium, Kupfer, Zink, Kohlenwasserstoffe und Sulfat im Feststoff sowie im Eluat, Schadstoffkonzentrationen festgestellt. Diese überschreiten die Prüfwerte der Länderarbeitsgemeinschaft der Mitteilung 20 und ergeben eine Einstufungsklasse **> Z 2**.

In der Anlage 2/3 werden die chemischen Einzelanalysen der Prüfwertkriterien der vereinfachten Deponieverordnung gegenübergestellt. Die Schadstoffkonzentration liegt bei

der analysierten Sammelprobe über den Auslöseschwellen der Emissionsüberwachung von Deponien.

In der Sammelprobe der anthropogenen Auffüllung wurden bei den Parametern Sulfat und den extrahierbaren lipophilen Stoffen eine Schadstoffkonzentration festgestellt, welche eine Einstufungsklasse der Deponieklasse 1 als Folge hat. Außerdem wurde bei der Auslöseschwelle von den Parametern Glühverlust sowie den TOC Anteil eine Überschreitung der Grenzwerte festgestellt, welche die **Deponieklasse 3** nach sich zieht.

Dementsprechend ist eine Einstufung in Deponieklasse 3 notwendig, wobei in der Deponieverordnung geschrieben steht, dass eine Überschreitung bei den Parametern Glühverlust oder TOC mit Zustimmung der zuständigen Behörde zulässig ist, wenn die Überschreitung durch elementaren Kohlenwasserstoff verursacht werden oder wenn der jeweilige Zuordnungswert für den DOC, jeweils unter Berücksichtigung der Tabelle 2 (Zuordnungswerte) in der Deponieverordnung Anlage 3 eingehalten wird. Demnach ist eine Überschreitung zulässig, wenn die Überschreitung ausschließlich auf natürliche Bestandteile des Bodenaushubes oder des Baggergutes zurückgeht, sonstige Fremdbestandteile nicht mehr als 5 Volumenprozent ausmachen, bei der gemeinsamen Ablagerung mit gipshaltigen Abfällen der DOC-Wert maximal 80 mg/l beträgt, auf der Deponie, dem Deponieabschnitt oder dem gesonderten Teilabschnitt eines Deponieabschnitts ausschließlich nicht gefährliche Abfälle abgelagert werden und das Wohl der Allgemeinheit – gemessen an den Anforderungen dieser Verordnung – nicht beeinträchtigt wird. Hinzu kommt, dass der Zuordnungswert nicht für Asche aus Braunkohlefeuerung sowie Abfälle oder Deponieersatzbaustoffe aus Hochtemperaturprozessen zutrifft. Eine Überschreitung der TOC-Werte ist zulässig, wenn der DOC-Wert maximal 80 mg/l beträgt. Aus diesen Kenntnissen kann geschlossen werden, dass die **Sammelprobe in die Deponieklasse 1** eingeordnet werden kann.

9 Handlungsempfehlung

Bei der vorliegenden Erkundung handelt es sich um eine orientierende Untersuchung. Die vorliegenden Untersuchungsergebnisse zeigen eine großflächige Untergrundbelastung an. Die Untergrundbelastung sagt aus, dass Schwermetalle wie Arsen, Blei, Kupfer und Nickel vorhanden sind, jedoch organische Anteile wie TOC oder der Masseanteil, welcher beim Glühverlust verglüht ist, für die Entsorgung des Bodenmaterials ausschlaggebend sind.

Auf Grund der vorgefundenen organoleptischen Auffälligkeiten sowie den ermittelten Analysenergebnissen wurde der Verdacht einer schädlichen Bodenveränderung nach § 9 BBodSchV bestätigt. Es wird empfohlen, unverzüglich die zuständige Behörde über das Auffinden einer schädlichen Bodenveränderung zu informieren.

Für das Bauvorhaben des Ringelteiches ist somit eine Entsorgung des Aushubmaterials unumgänglich. Der kontaminierte Boden soll im Rahmen der Baumaßnahme ausgekoffert und entsorgt werden.

Die Baumaßnahme sollte fachgutachterlich durch einen ö.b.u.v. Sachverständigen nach § 36 GeWO begleitet werden. Im Rahmen der Erdarbeiten wird der aufgedeckte Boden auf weitere Schadstoffnester untersucht und diese bei Bedarf saniert. Der Bodenaushub sollte zu Haufwerken < 500 m³ aufgemietet und mittels Deklarationsanalysen abfallrechtlich bewertet werden. Außerdem sollte eine fachgutachterliche Überwachung der Bodenarbeiten in Abstimmung mit dem Umweltamt des Kreises Saalfeld-Rudolstadt eingeleitet werden.

Die Bodenansprache zeigt, dass am Standort flächendeckend Auffüllungsschichten vorliegen. Die inhomogen verteilten Reststoffanteile an Schlacke, Aschen, Bauschutt, Natursteine, organische Sedimente sowie Asphaltreste, lassen eine variierende Schadstoffkonzentration begründen. Wobei allgemein eine Einstufung nach LAGA Mitteilung 20 einen **Zuordnungswert von > Z 2** heranzieht.

Die Pläne, zur Errichtung des Ringelteiches der VWU-Gruppe im Jahr 2016 wurden verworfen. Die Planung zeigte, dass die Teichsohle bis auf 1,70m UGOK reichen soll, was durch den hohen Grundwasserstand jedoch nicht möglich ist, da kein Grundwasser-Teichwasseraustausch stattfinden soll. Die Lösung wurde mittels einer 4mm dicken Bentonit Dichtungsbahn gefunden, welche an den Böschungen durch eine 10cm dicke

Lehmschicht und an der Sohle durch eine 10 cm dicke Schicht mittelgroben Kies geschützt ist. Die Lehmschicht wird an den Rändern 25cm über den Rand hinausgezogen um ein Überlaufen zu verhindern. Die Böschungen können für weitere Begrünungen genutzt werden. Die Bentonit Dichtungsmatten stellen eine definierte Dichtung dar, sie werden auf dem geeigneten Untergrund ausgerollt und in einer ausreichenden Stärke überschüttet. Die Dichtungsmatten haben eine Dichtwirkung, vergleichbar mit einer 40cm dicken Tonschicht. Die Verwendung von Bentonitmatten ist also nicht nur ökologisch, sondern außerdem durch einen geringen Material- u. Transportaufwand sehr ökonomisch.

Die Teichtiefe wurde auf 66cm begrenzt. Die Böschung wird in einem 45° Winkel hergestellt. Diese wird mit einer Lehmschicht überzogen um eine Durchwurzelung zu verhindern. Die Sohle des Teiches wird mit einer 10cm dicken Schicht aus mittelgroben Kies bedeckt. Der anstehende Boden soll geglättet werden um anschließend die Matten unbeschädigt zu verlegen.

9.1 Kalkulation

Für die weitere Kalkulation wurden folgende Mengen aus einem 3-D-Modell (siehe Anhang) des Teiches gezogen:

Aushub: $232,43 \text{ m}^3 \cdot 1,90 \text{ t/m}^3 = 441,62 \text{ t}$

Bagger mit Fahrer: 92 €/h → 736 €/ Tag

Handarbeiter: 42€/h → 336 €/ Tag

Transportkosten: 7 Vierachser LKW's mit Sattel

70 €/h → 3920 €

Kosten Entsorgung: 36,20 € / t

Einbau Material

Bagger mit Fahrer: 92 €/h → 736 €/ Tag

Handarbeiter: 42€ / h → 336€/ Tag

Kiesvolumen Sohle: $20,66 \text{ m}^3$

Materialkosten: 9 €/m³

An Transport Kosten: 7 €/m³

Handlungsempfehlung

Lehmvolumen Böschung: 26,02 m³

Materialkosten: 6 €/m³

An Transport Kosten: 9 €/m³

Bentonitmatten: 358,90 m²

Materialkosten: 5,70 €/m²

Lohn + Geräte: 4,47 €/m²

9.2 Leistungsverzeichnis

Das Leistungsverzeichnis baut auf den Kalkulationen des VWU Beleges aus dem Jahr 2016 auf. Geänderte Werte bauen auf den planerischen Änderungen auf, wie der Aushubmenge und der verwendeten Materialien.

Leistungsbeschreibung	Menge	Einheitspreis	Gesamtbetrag
1. Erdarbeiten			
1.1 Teichaushub			
1.1.10 Baustelleneinrichtung			
Antransport Bagger			
Abtransport Bagger			
Baustellensicherung			
Sanitärcontainer inkl. vorhalten		1000 €	1000 €
1.1.20 Boden lösen lagern T bis 0,8m			
Boden			
Profilgerecht lösen und seitlich lagern,			
Gesamtabtragtiefe bis 1,0m			
	240 m³	4,50 €/m³	1080 €
1.1.30 Boden abfahren			
Boden der Klasse 3-5 entsorgen. Ausgehobene Massen			
gehen in das Eigentum des AN über und sind zu entsorgen			
Aushubtiefe:	80cm		
Bodengruppe:	gG, Gs, A		

Handlungsempfehlung

Belastungsklasse: DK 1

442,00 t 45,07 €/t 19.920,94 €

Summe 1.1	Teichaushub	22.000,94 €
-----------	-------------	-------------

Summe 1	Erdarbeit	22.000,94 €
---------	-----------	-------------

Leistungsbeschreibung	Menge	Einheitspreis	Gesamtbetrag
-----------------------	-------	---------------	--------------

2. Teichausbauarbeiten

2.1 Rohbauarbeiten

2.1.10 Baustelleneinrichtung

Antransport Bagger

Abtransport Bagger

Baustellensicherung	1000€	1000€
---------------------	-------	-------

2.1.20 Lehmschicht an Böschung liefern u. einbauen

Volumen: 26,00m³

D= 10cm

Durchlässigkeit Kf-Wert= $5,0 \cdot 10^{-6}$

Siehe Anlage 5

26,00m ³	76,85 €/m ³	1998,10€
---------------------	------------------------	----------

2.1.30 Kiesschicht an Sohle liefern u. einbauen

Volumen: 21,00m³

Kies mittelgrob gewaschen

Siehe Anlage 5

21,00m ³	41,53 €/m ³	872,13€
---------------------	------------------------	---------

2.1.40 Bentonit anliefern und einbauen

Fläche: 360m²

D= 0,4cm

Siehe Anlage 5

360m ²	10,17 €/m ²	3661,20€
-------------------	------------------------	----------

Summe 2.1	Rohbauarbeiten	7.531,43€
-----------	----------------	-----------

Summe 2	Teichausbauarbeiten	7.531,43€
---------	---------------------	-----------

Ordnungszahl	Leistungsbeschreibung	Betrag in Euro
--------------	-----------------------	----------------

LV	RT	
----	----	--

1.	Erdarbeiten	22.000,94 €
----	-------------	-------------

2.	Teichausbauarbeiten	7.531,43 €
----	---------------------	------------

Summe LV	RT Ringelteich	29.532,37 €
----------	----------------	-------------

Zuzüglich der gesetzlichen Mehrwertsteuer aus	29.532,37 €
---	-------------

In Höhe von 19,00 %	<u>5.611,15 €</u>
---------------------	-------------------

<u>35.143,52 €</u>

10 Selbstständigkeitserklärung

Die in diesem Bericht getroffenen Aussagen beziehen sich ausschließlich auf den Prüfgegenstand und die untersuchten Parameter. Der vorliegende Bericht gilt nur in seiner Gesamtheit hinsichtlich des beauftragten Zwecks auf der Basis der verwendeten Unterlagen. Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass es sich bei rechtlichen Anmerkungen im vorliegenden Gutachten nicht um eine Rechtsberatung im Sinne des Rechtsberatungsgesetzes handelt. Äußerungen des Unterzeichners zu Belangen des Rechts sind stets aus sachlicher Sicht gemeint und nehmen keinesfalls eine abschließende rechtliche Würdigung durch das Gericht oder die Behörde vorweg. Der Bericht wurde als studentische Masterarbeit zur ersten Orientierung angefertigt, er unterliegt nicht den fachlichen und sachlichen Regelungen der PN 98 bzw. einem Sachverständigenwesen.

Hiermit versichere ich,

.....,

(Name, Vorname)

(Matrikel-Nr.)

dass ich diese Hausarbeit (Zusammenfassung) mit dem

Thema:.....

.....

.....selbstständig

verfasst habe und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt

wurden, sowie Zitate kenntlich gemacht habe.

(Ort, Datum)

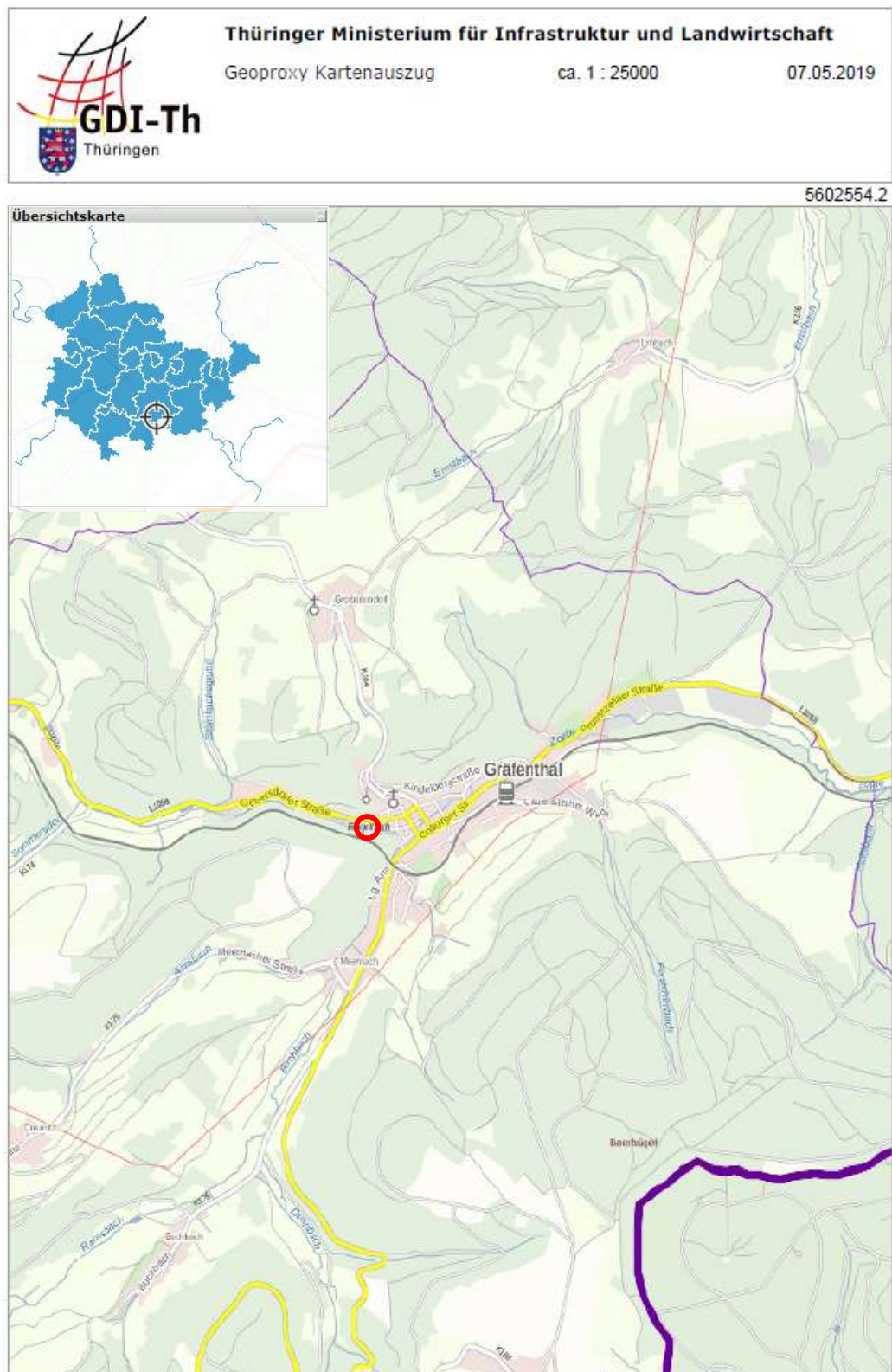
(Unterschrift)

11 Abbildungsverzeichnis

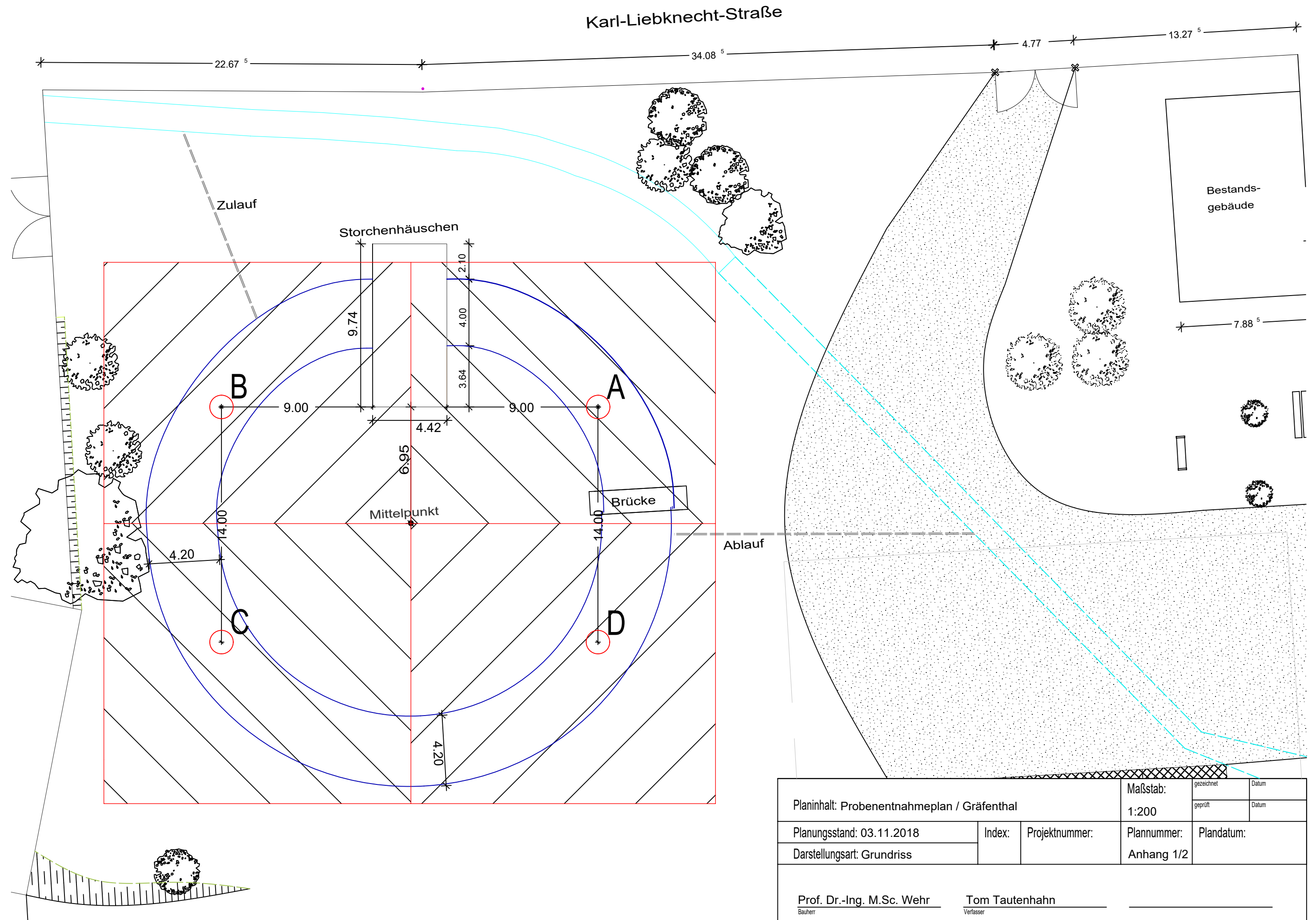
Abbildung 1 Hierarchie des Abfallrechtes (Riedl, Skript Straßenwesen, 2013)	- 8 -
Abbildung 2 Darstellung der Einbauklassen (Länderarbeitsgemeinschaft Abfall Mitteilung 20, 06.03.2003)	- 12 -
Abbildung 3 Schema des Spiegelsystems (Leibnitz Universität; 20.08.2018)	- 37 -
Abbildung 4 Apparatur für die direkte Freisetzung von Cyanid aus Böden (DIN ISO 11262:2012-04)	- 40 -
Abbildung 5 Schichtaufbau Schürfe A	- 77 -
Abbildung 6 Schichtaufbau Schürfe B	- 78 -
Abbildung 7 Schichtaufbau Schürfe C	- 79 -
Abbildung 8 Schichtaufbau Schürfe D	- 80 -
Abbildung 9 Probenteilung nach dem Kegelverfahren (Probe GR-A-P1)	- 83 -
Abbildung 10, Filtrieren der suspendierten Stoffe mittels Papierfilter	- 88 -
Abbildung 11, Gerät zur Messung der elektr. Leitfähigkeit.....	- 89 -
Abbildung 12, Gerät zur Messung des pH-Wertes.....	- 90 -
Abbildung 13, benötigte Geräte zur Ermittlung der Anteile an Kupfer, Zink, Sulfat und Nickel	- 91 -

12 Anhang 1

12.1 Übersichtslageplan [31]



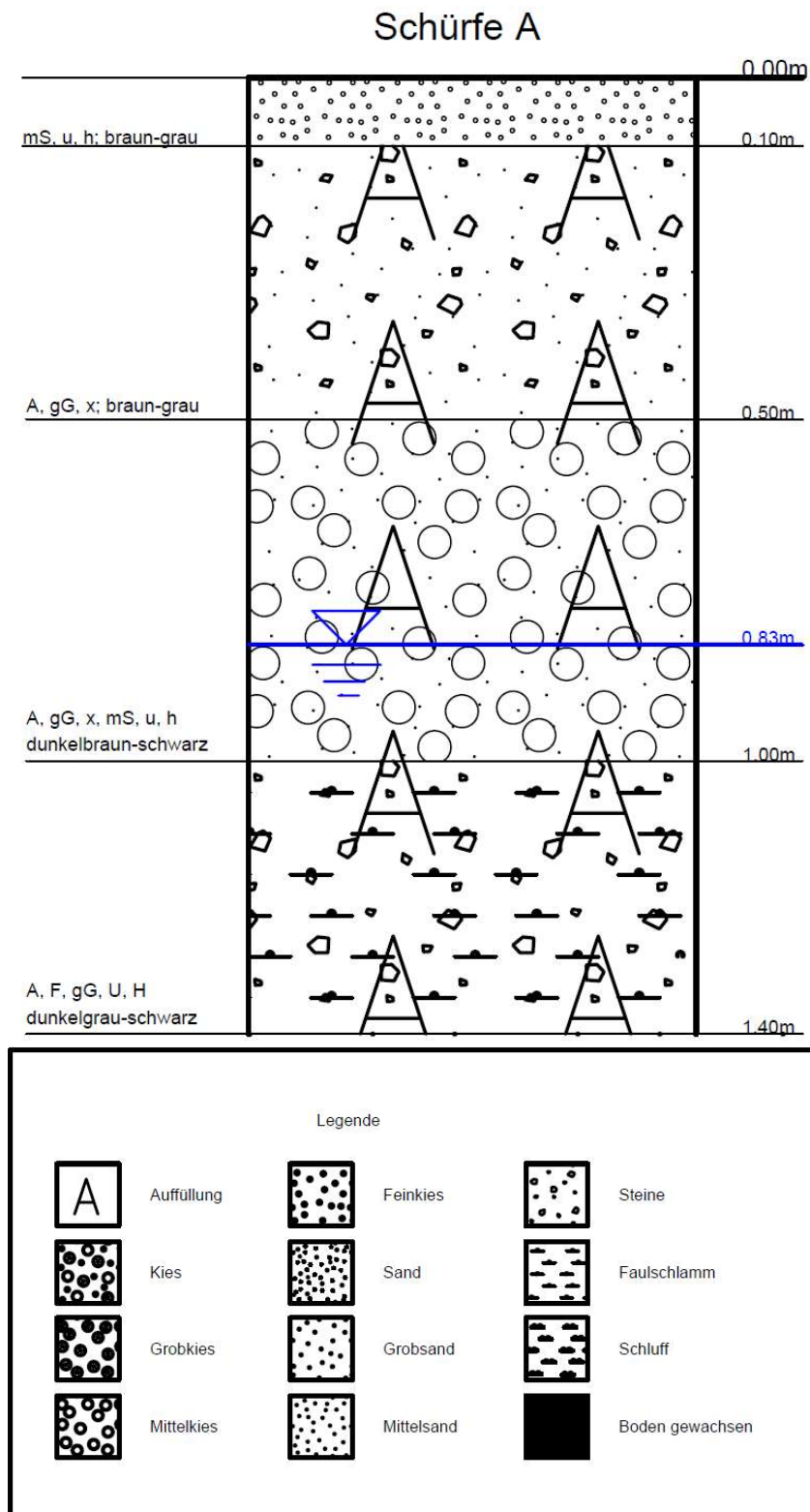
12.2 Probenenahmeplan



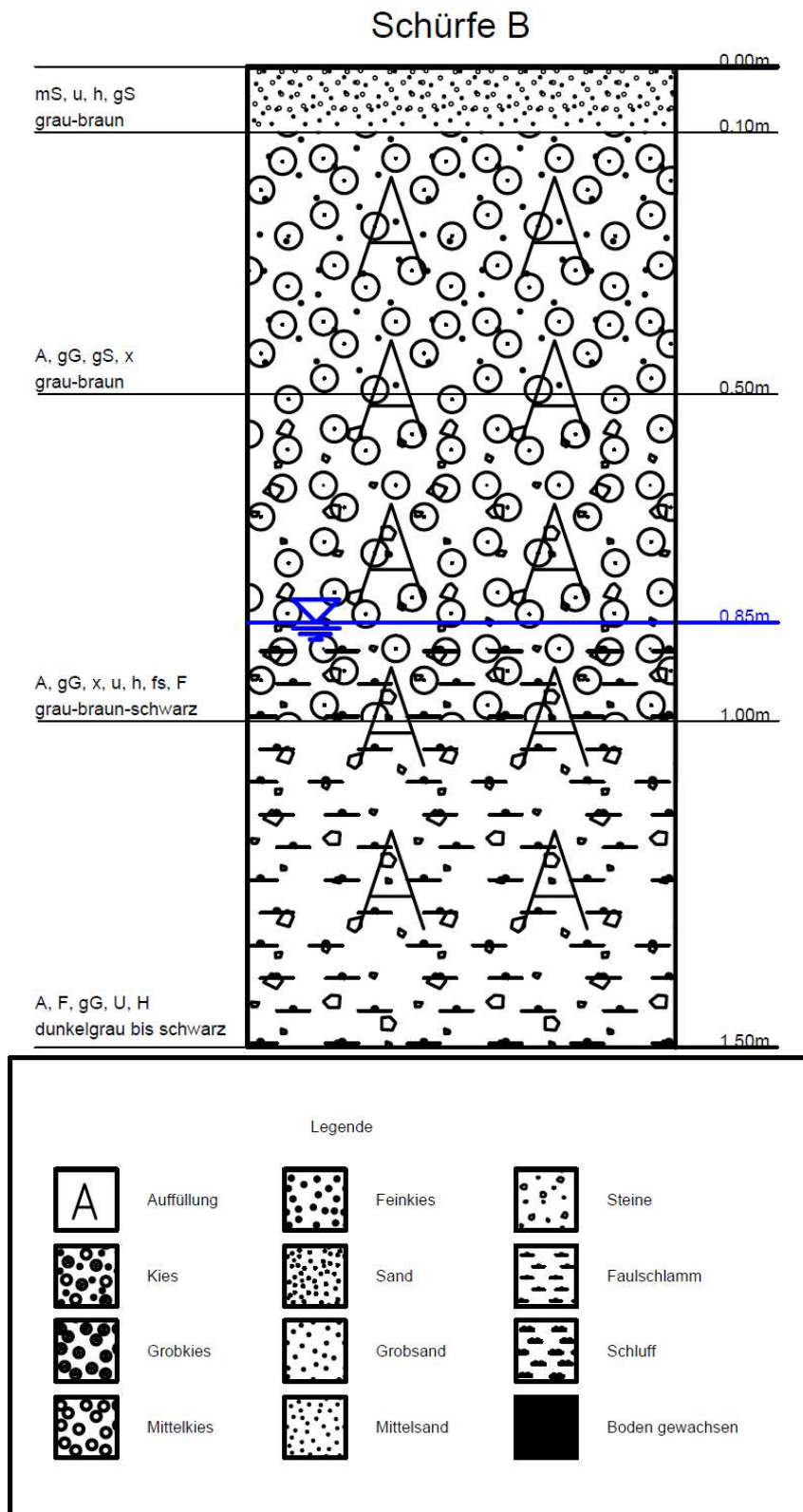
Planinhalt: Probenentnahmeplan / Gräfenthal			Maßstab:	gezeichnet	Datum
			1:200	geprüft	Datum
Planungsstand: 03.11.2018	Index:	Projektnummer:	Plannummer:	Plandatum:	
Darstellungsart: Grundriss			Anhang 1/2		
Prof. Dr.-Ing. M.Sc. Wehr		Tom Tautenhahn			
Bauherr		Verfasser			

13 Anhang 2

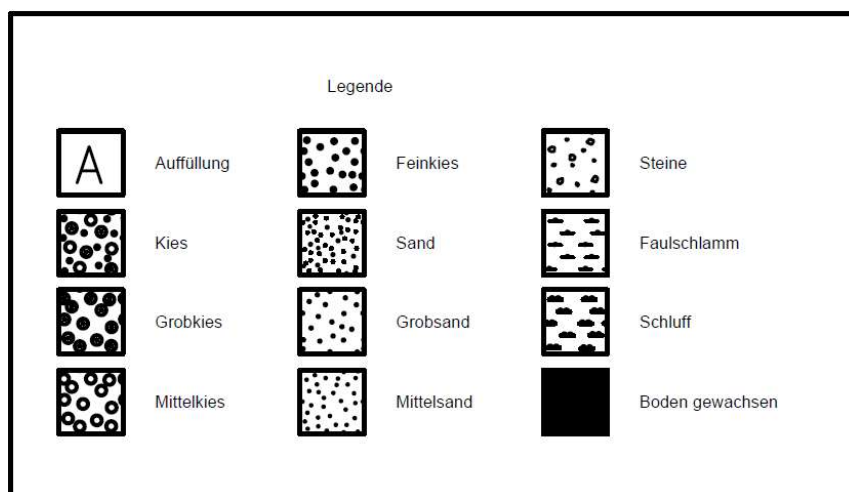
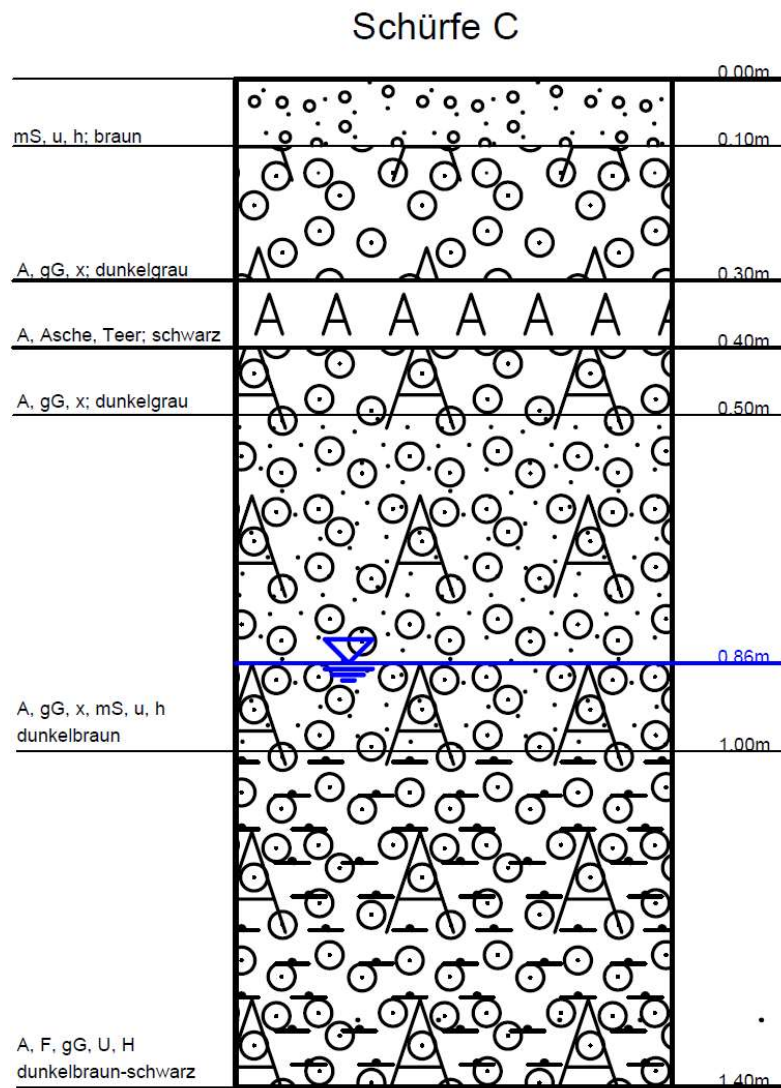
13.1 Bohrprofil der Schürfe A



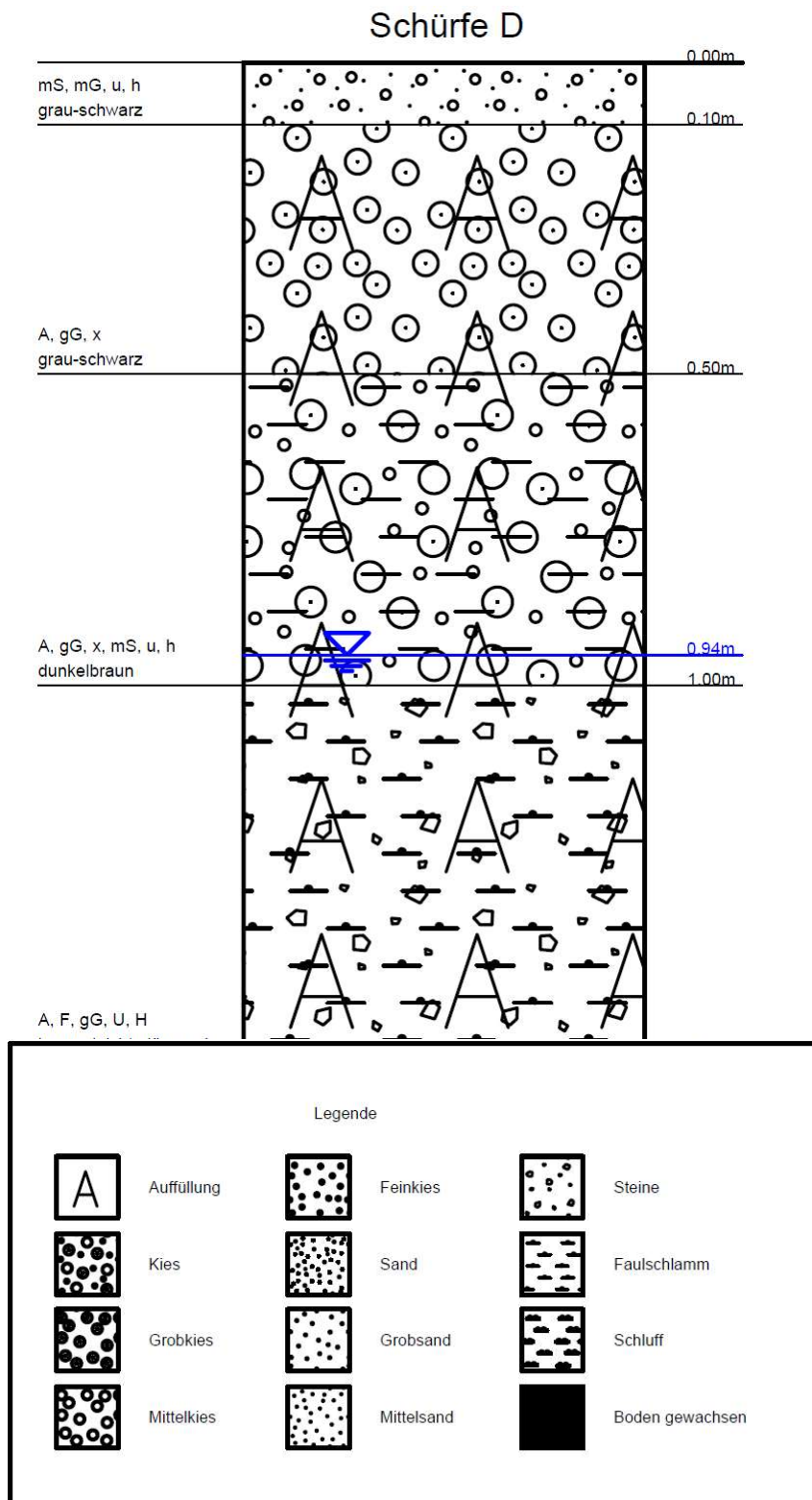
13.2 Bohrprofil der Schürfe B



13.3 Bohrprofil der Schürfe C



13.4 Bohrprofil der Schürfe D



14 Anhang 3, Analytikausswertung

Analytikausswertung nach:

- Technischen Regeln Boden 1997
- Technischen Regeln Boden 2004
- Vereinfachter Deponie Verordnung, DK I-III

Projekt: 98743 Gräfenthal, Ringelteich

Material: Bodenproben der anthropogenen Auffüllung

Sammelprobe: aus den Mischproben: GR-A-P1, GR-A-P2, GR-B-P1, GR-B-P2,
GR-C-P1, GR-C-P2, GR-D-P1, GR-D-P2

Anhang 3, Analytikausswertung

14.1 Analytikausswertung nach Technischen Regeln Boden 1997

Projekt: Ringelteich, Gräfenthal

Feststoffanalyse	Einheit	Z 0	Z 1.1	Z 1.2	Z 2	> Z 2	Ergebnis
physikal. Werte							
pH-Wert (CaCl ₂)		5,5 - 8	5,5 - 8	5 - 9			7,48
Metalle							
Arsen (As)	mg/kg	20	30	50	150	> 150	54,8
Blei (Pb)	mg/kg	100	200	300	1000	> 1000	101
Cadmium (Cd)	mg/kg	0,6	1	3	10	> 10	1,2
Chrom (Cr)	mg/kg	50	100	200	600	> 600	44,8
Kupfer (Cu)	mg/kg	40	100	200	600	> 600	99,6
Nickel (Ni)	mg/kg	40	100	200	600	> 600	58,7
Quecksilber (Hg)	mg/kg	0,3	1	3	10	> 10	<0,05
Thallium (Tl)	mg/kg	0,5	1	3	10	> 10	<0,1 (NWG)
Zink (Zn)	mg/kg	120	300	500	1500	> 1500	301
anorgan. Stoffe							
Cyanid ges.	mg/kg	1	10	30	100	> 100	0,57
organ. Verbindungen							
Summe BTX	mg/kg	<1	1	3	5	> 5	n.n.
Summe LHKW	mg/kg	<1	1	3	5	> 5	n.n.
Summe PAK (EPA)	mg/kg	1	5	15			n.b.
Summe PCB	mg/kg	0,02	0,1	0,5	1	> 1	n.n.
EOX	%	1	3	10	15	> 15	<0,5 (NWG)
Kohlenwasserstoffe (GC)	mg/kg	100	300	500	1000	> 1000	475
Eluatanalyse							
physikal. Werte							
pH-Wert		6,5 - 9	6,5 - 9	6 - 12	5,5 - 12		7,32
elektrische Leitfähigkeit	µs/cm	500	500	1000	1500	> 1500	493
Metalle							
Arsen (As)	mg/l	0,01	0,01	0,04	0,06	> 0,06	<0,0050
Barium (Ba)	mg/l						0,063
Blei (Pb)	mg/l	0,02	0,04	0,1	0,2	> 0,2	<0,0050
Cadmium (Cd)	mg/l	0,002	0,002	0,005	0,01	> 0,01	<0,0015
Chrom (Cr)	mg/l	0,015	0,03	0,075	0,15	> 0,15	<0,00200 (NWG)
Kupfer (Cu)	mg/l	0,05	0,05	0,15	0,3	> 0,3	0,015
Nickel (Ni)	mg/l	0,04	0,05	0,15	0,2	> 0,2	<0,0030 (NWG)
Quecksilber (Hg)	mg/l	0,0002	0,0002	0,001	0,002	> 0,002	<0,00010 (NWG)
Thallium (Tl)	mg/l	<0,001	0,001	0,003	0,005	> 0,005	<0,0010
Zink (Zn)	mg/l	<0,1	0,1	0,3	0,6	> 0,6	0,0073
anorgan. Stoffe							
Chlorid (Cl)	mg/l	10	10	20	30	> 30	1,09
Sulfat (SO ₄)	mg/l	50	50	100	150	> 150	165
Cyanid ges.	mg/l	<0,01	0,01	0,05	0,1	> 0,1	<0,0030 (NWG)
organ. Verbindungen							
Phenolindex	mg/l	<0,01	0,01	0,05	0,1	> 0,1	<0,010
Bewertung							Z 2/ > Z 2

n.b. bedeutet, der betreffende Stoff ist bei nebenstehender Bestimmungsgrenze nicht quantifizierbar

NWG oder n.n. bedeutet, der betreffende Stoff ist bei nebenstehender Nachweisgrenze nicht nachzuweisen

14.2 Analytikauswertung nach Technischen Regeln Boden 2004

Feststoffanalyse	Einheit	Z 0	Z 1		Z 2	> Z 2	Ergebnis
physikal. Werte							
pH-Wert (CaCl ₂)							7,48
Metalle							
Arsen (As)	mg/kg	15	45		150	> 150	54,8
Blei (Pb)	mg/kg	140	210		700	> 700	101
Cadmium (Cd)	mg/kg	1	3		10	> 10	1,2
Chrom (Cr)	mg/kg	120	180		600	> 600	44,8
Kupfer (Cu)	mg/kg	80	120		400	> 400	99,6
Nickel (Ni)	mg/kg	100	150		500	> 500	58,7
Quecksilber (Hg)	mg/kg	1	1,5		5	> 5	<0,05
Thallium (Tl)	mg/kg	0,7	2,1		7	> 7	<0,1 (NWG)
Zink (Zn)	mg/kg	300	450		1500	> 1500	301
anorgan. Stoffe							
Cyanid ges.	mg/kg		3		10	> 10	0,57
organ. Verbindungen							
Kohlenwasserstoffe (GC)	mg/kg	200	300		1000	> 1000	475
Summe BTX	mg/kg	1	1		1	> 1	n.n.
Summe LHKW	mg/kg	1	1		1	> 1	n.n.
Summe PAK (EPA)	mg/kg	3	3		30	> 30	n.b.
Summe PCB	mg/kg	0,1	0,15		0,5	> 0,5	n.n.
TOC in Masse %		0,5	1,5		5	> 5	3,2
Benzo(a)pyren	mg/kg	0,6	0,9		3	> 3	<0,50
EOX	%	1	3		10	> 10	<0,5 (NWG)

Eluatanalyse	Einheit	Z 0	Z 1.1	Z 1.2	Z 2	> Z 2	Ergebnis
physikal. Werte							
pH-Wert		6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	6 - 12	5,5 - 12		7,32
elektrische Leitfähigkeit	µs/cm	250	250	1500	2000	> 2000	493
Metalle							
Chlorid (Cl)	mg/l	10	10	20	30	> 30	1,09
Sulfat (SO ₄)	mg/l	50	50	100	150	> 150	165
Cyanid ges.	mg/l	<0,01	0,01	0,05	0,1	> 0,1	<0,0030 (NWG)
Phenolindex	mg/l	<0,01	0,01	0,05	0,1	> 0,1	<0,010
Arsen (As)	mg/l	0,014	0,014	0,02	0,06	> 0,06	<0,0050
Barium (Ba)	mg/l						0,063
Blei (Pb)	mg/l	0,04	0,04	0,08	0,2	> 0,2	<0,0050
Cadmium (Cd)	mg/l	0,0015	0,0015	0,003	0,006	> 0,006	<0,0015
Chrom (Cr)	mg/l	0,0125	0,0125	0,025	0,06	> 0,06	<0,00200 (NWG)
Kupfer (Cu)	mg/l	0,02	0,02	0,06	0,1	> 0,1	0,015
Nickel (Ni)	mg/l	0,015	0,015	0,02	0,07	> 0,07	<0,0030 (NWG)
Quecksilber (Hg)	mg/l	<0,0005	<0,0005	0,001	0,002	> 0,002	<0,00010 (NWG)
Thallium (Tl)	mg/l						<0,0010
Zink (Zn)	mg/l	0,15	0,15	0,2	0,6	> 0,6	0,0073
anorgan. Stoffe							
Chlorid (Cl)	mg/l	20	20	50	200	> 200	1,09
Cyanid ges.	mg/l	0,005	0,005	0,01	0,02	>0,02	<0,0030 (NWG)
Sulfat (SO ₄)	mg/l	20	20	50	200	> 200	165
organ. Verbindungen							
Phenolindex	mg/l	0,02	0,02	0,04	0,1	>0,1	<0,010
Bewertung							Z 2 / > Z 2

n.b. bedeutet, der betreffende Stoff ist bei nebenstehender Bestimmungsgrenze nicht quantifizierbar

NWG oder n.n. bedeutet, der betreffende Stoff ist bei nebenstehender Nachweisgrenze nicht nachzuweisen

Projekt: Ringelteich, Gräfenthal

14.3 Analytikauswertung nach Deponie Verordnung

Projekt: Ringelteich, Gräfenthal

Feststoffanalyse	Einheit	DK 0	DK 1	DK 2	DK 3	> DK 3	Ergebnis
physikal. Werte							
Glühverlust	M-%	≤ 3	≤ 3	≤ 5	≤ 10	> 10	8,19
TOC in Masse %	M-%	≤ 1	≤ 1	≤ 3	≤ 6	> 6	3,2
extrahierbare lipophile Stoffe	M-%	≤ 0,1	≤ 0,4	≤ 0,8	≤ 4	> 4	0,19
Wasserlöslicher Anteil	M-%	≤ 0,4	≤ 3	≤ 6	≤ 10	> 10	
Organische Stoffe							
PCB	mg/kg	≤ 1					< 0,10 (NWG)
MKW	mg/kg	≤ 500					475
BTEX	mg/kg	≤ 6					n.n.
PAK (ges.)	mg/kg	≤ 30					n.b.
Eluatanalyse	Einheit	DK 0	DK 1	DK 2	DK 3	> DK 3	Ergebnis
physikal. Werte							
pH-Wert		5,5 - 13	5,5 - 13	5,5 - 13	4 - 13		7,32
Anorg. Stoffe							
Antimon	mg/l	≤ 0,006	≤ 0,03	≤ 0,07	≤ 0,5	> 0,5	< 0,0020 (NWG)
Antimon - C0- Wert	mg/l	≤ 0,1	< 0,12	< 0,15	< 1	> 1	< 0,0020 (NWG)
Arsen	mg/l	≤ 0,05	≤ 0,2	≤ 0,2	≤ 2,5	> 2,5	< 0,005
Barium	mg/l	≤ 2	≤ 5	≤ 10	≤ 30	> 30	0,063
Blei	mg/l	≤ 0,05	≤ 0,2	≤ 1	≤ 5	> 5	< 0,005
Cadmium	mg/l	≤ 0,004	≤ 0,05	≤ 0,1	≤ 0,5	> 0,5	< 0,0015
Chlorid (Cl)	mg/l	≤ 80	≤ 1500	≤ 1500	≤ 2500	> 2500	1,09
Chrom ges.	mg/l	≤ 0,05	≤ 0,3	≤ 1	≤ 7	> 7	< 0,00200 (NWG)
DOC	mg/l	≤ 50	≤ 50	≤ 80	≤ 100	> 100	2,9
Kupfer	mg/l	≤ 0,2	≤ 1	≤ 5	≤ 10	> 10	0,015
Molybdän	mg/l	≤ 0,05	≤ 0,3	≤ 1	≤ 3	> 3	< 0,0060
Nickel	mg/l	≤ 0,04	≤ 0,2	≤ 1	≤ 4	> 4	< 0,0030 (NWG)
Selen	mg/l	≤ 0,01	≤ 0,03	≤ 0,05	≤ 0,7	> 0,7	< 0,0030 (NWG)
Quecksilber	mg/l	≤ 0,001	≤ 0,005	≤ 0,02	≤ 0,2	> 0,2	< 0,00010 (NWG)
Sulfat	mg/l	≤ 100	≤ 2000	≤ 2000	≤ 5000	> 5000	165
Zink	mg/l	≤ 0,4	≤ 2	≤ 5	≤ 20	> 20	0,0073
Cyanid (leicht freisetzbar)	mg/l	≤ 0,01	≤ 0,1	≤ 0,5	≤ 1	> 1	< 0,0050 (NWG)
Fluorid	mg/l	≤ 1	≤ 5	≤ 15	≤ 50	> 50	0,58
Organische Stoffe							
Phenol	mg/l	≤ 0,1	≤ 0,2	≤ 50	≤ 100	> 100	< 0,010
Bewertung							DK 3

n.b.

bedeutet, der betreffende Stoff ist bei nebenstehender Bestimmungsgrenze nicht quantifizierbar

NWG oder n.n.

bedeutet, der betreffende Stoff ist bei nebenstehender Nachweisgrenze nicht nachzuweisen

15 Anhang 4 Chemische Prüfberichte

AWV-Dr. Busse GmbH

Jößnitzer Str. 113, 08525 Plauen, Germany
Tel.: +49 (03741) 550 760, Fax: +49 (03741) 523 550
eMail: awv@agrolab.de www.agrolab.de



AWV Jößnitzer Str. 113 08525 Plauen

Geotechnikbüro Prof. Wehr
Am Schlossberg 1
98743 Gräfenhain

Datum 11.02.2019
Kundennr. 27013768

PRÜFBERICHT 1482434 - 511636

Auftrag 1482434 Untersuchung auf vorgegebene Parameter
Analysennr. 511636 Boden
Probeneingang 21.01.2019
Probenahme 21.01.2019
Probenehmer Auftraggeber
Kunden-Probenbezeichnung MP

				Z-Wert LAGA Boden (97) Z 0	Z-Wert LAGA Boden (97) Z 1.1	Z-Wert LAGA Boden (97) Z 1.2	Z-Wert LAGA Boden (97) Z 2	Best.-Gr.
Einheit	Ergebnis							
Trockensubstanz	%	°	87,7					0,1
Feststoff								
pH-Wert (CaCl2)		°	7,48	5,5-8	5,5-8	5-9		0,1
Glühverlust	%		8,19					0,01
EOX	mg/kg		<0,50 (NWG)	1	3	10	15	1
Cyanide ges.	mg/kg		0,57	1	10	30	100	0,25
Kohlenwasserstoffe (GC)	mg/kg		475	100	300	500	1000	50
Lipophile Stoffe	%		0,19					0,005
Kohlenstoff(C) organisch (TOC)	%		3,2					0,1
Arsen (As)	mg/kg		54,8	20	30	50	150	1
Blei (Pb)	mg/kg		101	100	200	300	1000	3
Cadmium (Cd)	mg/kg		1,2	0,6	1	3	10	0,4
Chrom (Cr)	mg/kg		44,8	50	100	200	600	3
Kupfer (Cu)	mg/kg		99,6	40	100	200	600	3
Nickel (Ni)	mg/kg		58,7	40	100	200	600	3
Quecksilber (Hg)	mg/kg		<0,05 (+)	0,3	1	3	10	0,05
Thallium (Tl)	mg/kg		<0,10 (NWG)	0,5	1	3	10	0,3
Zink (Zn)	mg/kg		301	120	300	500	1500	3
Feststoff (BTEX)								
Benzol	mg/kg		<0,050 (NWG)					0,1
Toluol	mg/kg		<0,050 (NWG)					0,1
Ethylbenzol	mg/kg		<0,050 (NWG)					0,1
m,p-Xylol	mg/kg		<0,10 (NWG)					0,2
o-Xylol	mg/kg		<0,050 (NWG)					0,1
Summe BTX	mg/kg		n.n.	<1	1	3	5	
Feststoff (LHKW/CKW/FCKW)								
Dichlormethan	mg/kg		<0,0500 (NWG)					0,1
cis-Dichlorethen	mg/kg		<0,0500 (NWG)					0,1
trans-Dichlorethen	mg/kg		<0,0500 (NWG)					0,1
Trichlormethan	mg/kg		<0,0500 (NWG)					0,1
Tetrachlormethan	mg/kg		<0,0500 (NWG)					0,1
1,1,1-Trichlorethan	mg/kg		<0,0500 (NWG)					0,1

Die in diesem Dokument berichteten Parameter sind gemäß ISO/IEC 17025:2005 akkreditiert. Ausschließlich nicht akkreditierte Parameter sind mit dem Symbol " * " gekennzeichnet.

AG Chemnitz
HRB 11049
Ust/VAT-ID-Nr.:
DE 170686 363

Geschäftsführer
Jürgen Spranger
Dr. Paul Wimmer



Seite 1 von 8

AWV-Dr. Busse GmbH

Jöbŕnitzer Str. 113, 08525 Plauen, Germany
Tel.: +49 (03741) 550 760, Fax: +49 (03741) 523 550
eMail: awv@agrolab.de www.agrolab.de



Datum 11.02.2019
Kundennr. 27013768

PRÜFBERICHT 1482434 - 511636

Kunden-Probenbezeichnung

MP

	Einheit	Ergebnis	Z-Wert LAGA Boden (97) Z 0	Z-Wert LAGA Boden (97) Z 1.1	Z-Wert LAGA Boden (97) Z 1.2	Z-Wert LAGA Boden (97) Z 2	Best.-Gr.
Trichlorethen	mg/kg	<0,0500 (NWG)					0,1
Tetrachlorethen	mg/kg	<0,0500 (NWG)					0,1
LHKW - Summe	mg/kg	n.n.	<1	1	3	5	

Feststoff (PAK nach DIN 18287)

Naphthalin	mg/kg	<0,50 ^{mvj}					0,5
Acenaphthen	mg/kg	<0,50 ^{mvj}					0,5
Acenaphthylen	mg/kg	<0,50 ^{mvj}					0,5
Fluoren	mg/kg	<0,50 ^{mvj}					0,5
Phenanthren	mg/kg	<0,50 ^{mvj}					0,5
Anthracen	mg/kg	<0,50 ^{mvj}					0,5
Fluoranthren	mg/kg	<0,50 ^{mvj}					0,5
Pyren	mg/kg	<0,50 ^{mvj}					0,5
Benzo(a)anthracen	mg/kg	<0,50 ^{mvj}					0,5
Chrysen	mg/kg	<0,50 ^{mvj}					0,5
Benzo(b)fluoranthren	mg/kg	<0,50 ^{mvj}					0,5
Benzo(k)fluoranthren	mg/kg	<0,50 ^{mvj}					0,5
Benzo(a)pyren	mg/kg	<0,50 ^{mvj}					0,5
Dibenzo(a,h)anthracen	mg/kg	<0,50 ^{mvj}					0,5
Benzo(ghi)perylene	mg/kg	<0,50 ^{mvj}					0,5
Indeno(1,2,3-cd)pyren	mg/kg	<0,50 ^{mvj}					0,5
Summe PAK (EPA)	mg/kg	n.b.	1	5	15		

Feststoff (PCB)

PCB (28)	mg/kg	<0,10 (NWG) ^{mvj}					0,2
PCB (52)	mg/kg	<0,10 (NWG) ^{mvj}					0,2
PCB (101)	mg/kg	<0,10 (NWG) ^{mvj}					0,2
PCB (138)	mg/kg	<0,10 (NWG) ^{mvj}					0,2
PCB (153)	mg/kg	<0,10 (NWG) ^{mvj}					0,2
PCB (180)	mg/kg	<0,10 (NWG) ^{mvj}					0,2
PCB-Summe (6 Kongenere)	mg/kg	n.n.	0,02	0,1	0,5	1	
PCB (118)	mg/kg	<0,10 (NWG) ^{mvj}					0,2
PCB-Summe	mg/kg	n.n.					

Eluat

pH-Wert		7,32	6,5-9	6,5-9	6-12	5,5-12	0,1
elektrische Leitfähigkeit	µS/cm	493	500	500	1000	1500	1
Gesamtgehalt an gelösten Stoffen	mg/l	281					200
Chlorid (Cl)	mg/l	1,09	10	10	20	30	0,1
Sulfat (SO ₄)	mg/l	165	50	50	100	150	0,1
Fluorid (F)	mg/l	0,58					0,01
Cyanide ges.	mg/l	<0,0030 (NWG)	<0,01	0,01	0,05	0,1	0,005
Cyanide leicht freisetzbar	mg/l	<0,0050 (NWG)					0,011
Phenolindex	mg/l	<0,010	<0,01	0,01	0,05	0,1	0,01
Antimon (Sb)	mg/l	<0,0020 (NWG)					0,005
Arsen (As)	mg/l	<0,005 (+)	0,01	0,01	0,04	0,06	0,005
Barium (Ba)	mg/l	0,063					0,005
Blei (Pb)	mg/l	<0,0050	0,02	0,04	0,1	0,2	0,005
Cadmium (Cd)	mg/l	<0,0015	0,002	0,002	0,005	0,01	0,0015
Chrom (Cr)	mg/l	<0,00200 (NWG)	0,015	0,03	0,075	0,15	0,005
Kupfer (Cu)	mg/l	0,015	0,05	0,05	0,15	0,3	0,005
Molybdän (Mo)	mg/l	<0,0060 (+)					0,006

Seite 2 von 8

AG Chemnitz
HRB 11049
Ust/VAT-ID-Nr.:
DE 170686 363

Geschäftsführer
Jürgen Spranger
Dr. Paul Wimmer



AWV-Dr. Busse GmbH

Jöbnitz Str. 113, 08525 Plauen, Germany
 Tel.: +49 (03741) 550 760, Fax: +49 (03741) 523 550
 eMail: awv@agrolab.de www.agrolab.de

**AGROLAB GROUP**

Your labs. Your service.

Datum 11.02.2019

Kundennr. 27013768

PRÜFBERICHT 1482434 - 511636

Kunden-Probenbezeichnung

MP

			Z-Wert LAGA Boden (97) Z 0	Z-Wert LAGA Boden (97) Z 1.1	Z-Wert LAGA Boden (97) Z 1.2	Z-Wert LAGA Boden (97) Z 2	Best.-Gr.
Einheit	Ergebnis						
Nickel (Ni)	mg/l	<0,0030 (NWG)	0,04	0,05	0,15	0,2	0,006
Quecksilber (Hg)	mg/l	<0,00010 (NWG)	0,0002	0,0002	0,001	0,002	0,0002
Selen (Se)	mg/l	<0,0030 (NWG)					0,005
Thallium (Tl)	mg/l	<0,0010	<0,001	0,001	0,003	0,005	0,001
Zink (Zn)	mg/l	0,0073	<0,1	0,1	0,3	0,6	0,006
DOC	mg/l	2,9					1

Aufbereitung

Eluaterstellung							0
Königswasserzuzug							
Analyse in der Gesamtfraction							

mv) Die Bestimmung-, bzw. Nachweisgrenze musste erhöht werden, da zur Analyse das zu vermessende Material aufgrund seiner Probenbeschaffenheit verdünnt werden musste.

Erläuterung: Das Zeichen "<" oder n.b. in der Spalte Ergebnis bedeutet, der betreffende Stoff ist bei nebenstehender

Bestimmungsgrenze nicht quantifizierbar.

Das Zeichen "<... (NWG)" oder n.n. in der Spalte Ergebnis bedeutet, der betreffende Stoff ist bei nebenstehender Nachweisgrenze nicht nachzuweisen.

Das Zeichen "<... (+)" in der Spalte Ergebnis bedeutet, der betreffende Stoff wurde im Bereich zwischen Nachweisgrenze und Bestimmungsgrenze qualitativ nachgewiesen.

Die Einwaage zur Untersuchung auf leichtflüchtige organische Substanzen erfolgte im Labor aus der angelieferten Originalprobe. Dieses Vorgehen könnte einen Einfluss auf die Messergebnisse haben.

Die Analysenwerte der Feststoffparameter beziehen sich auf die Trockensubstanz, bei den mit * gekennzeichneten Parametern auf die Originalsubstanz.

Beginn der Prüfungen: 24.01.2019

Ende der Prüfungen: 11.02.2019

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfgegenstände. Bei Proben unbekannten Ursprungs ist eine Plausibilitätsprüfung nur bedingt möglich. Die auszugsweise Vervielfältigung des Berichts ohne unsere schriftliche Genehmigung ist nicht zulässig. Die Prüfergebnisse in diesem Prüfbericht werden gemäß der mit Ihnen schriftlich gemäß Auftragsbestätigung getroffenen Vereinbarung in vereinfachter Weise i.S. der ISO/IEC 17025:2005, Abs. 5.10.1 berichtet.

AWV Daniela Kucharski, Tel. 03741/55076-2**Kundenbetreuung**

AG Chemnitz
 HRB 11049
 Ust/VAT-ID-Nr.:
 DE 170686 363

Geschäftsführer
 Jürgen Spranger
 Dr. Paul Wimmer



Seite 3 von 8

AWV-Dr. Busse GmbH

Jüßnitzer Str. 113, 08525 Plauen, Germany
Tel.: +49 (03741) 550 760, Fax: +49 (03741) 523 550
eMail: awv@agrolab.de www.agrolab.de



Datum 11.02.2019
Kundennr. 27013768

PRÜFBERICHT 1482434 - 511636

Kunden-Probenbezeichnung MP

Methodenliste

Feststoff

- Analyse in der Gesamtfraktion

Berechnung aus Messwerten der Einzelparameter LHKW - Summe Summe BTX Summe PAK (EPA) PCB-Summe (6 Kongenere)
PCB-Summe

DIN EN ISO 11885 : 2009-09 Arsen (As) Blei (Pb) Cadmium (Cd) Chrom (Cr) Kupfer (Cu) Nickel (Ni) Thallium (Tl) Zink (Zn)

DIN EN ISO 12846 : 2012-08 Quecksilber (Hg)

DIN EN 13137 : 2001-12 Kohlenstoff(C) organisch (TOC)

DIN EN 13657 : 2003-01 Königswasseraufschluß

DIN EN 14039 : 2005-01 + LAGA KW/04 : 2009-12 Kohlenwasserstoffe (GC)

DIN EN 14346 : 2007-03 Trockensubstanz

DIN EN 15169 : 2007-05 Glühverlust

DIN EN 15308 : 2016-12 PCB (28) PCB (52) PCB (101) PCB (138) PCB (153) PCB (180) PCB (118)

DIN ISO 10390 : 2012-05 pH-Wert (CaCl₂)

DIN ISO 11262 : 2012-04 Cyanide ges.

DIN ISO 18287 : 2006-05 Naphthalin Acenaphthen Acenaphthylen Fluoren Phenanthren Anthracen Fluoranthren Pyren Benzo(a)anthracen
Chrysen Benzo(b)fluoranthren Benzo(k)fluoranthren Benzo(a)pyren Dibenzo(a,h)anthracen Benzo(ghi)perylene
Indeno(1,2,3-cd)pyren

DIN 38414-17 : 2012-02 EOX

HLUG, Handb. Altlasten Bd.7, Tl.4 : 2000-08 Dichlormethan cis-Dichlorethen trans-Dichlorethen Trichlormethan Tetrachlormethan
1,1,1-Trichlorethan Trichlorethen Tetrachlorethen Benzol Toluol Ethylbenzol m,p-Xylol o-Xylol

LAGA KW/04 : 2009-12 Lipophile Stoffe

Eluat

DIN EN ISO 10304-1 : 2009-07 Chlorid (Cl) Sulfat (SO₄)

DIN EN ISO 11885 : 2009-09 Antimon (Sb) Arsen (As) Barium (Ba) Blei (Pb) Cadmium (Cd) Chrom (Cr) Kupfer (Cu) Molybdän (Mo)
Nickel (Ni) Selen (Se) Thallium (Tl) Zink (Zn)

DIN EN ISO 12846 : 2012-08 Quecksilber (Hg)

DIN EN ISO 14402 : 1999-12 Phenolindex

DIN EN ISO 14403 : 2002-07 Cyanide ges.

DIN EN 12457-4 : 2003-01 Eluaterstellung

DIN EN 1484 : 1997-08 DOC

DIN EN 15216 : 2008-01 Gesamtgehalt an gelösten Stoffen

DIN EN 27888 : 1993-11 elektrische Leitfähigkeit

DIN ISO 17380 : 2006-05 Cyanide leicht freisetzbar

DIN 38404-5 : 2009-07 pH-Wert

DIN 38405-4 : 1985-07 Fluorid (F)

Die in diesem Dokument berichteten Parameter sind gemäß ISO/IEC 17025:2005 akkreditiert. Ausschließlich nicht akkreditierte Parameter sind mit dem Symbol " * " gekennzeichnet.

AG Chemnitz
HRB 11049
Ust/VAT-ID-Nr.:
DE 170686 363

Geschäftsführer
Jürgen Spranger
Dr. Paul Wimmer



Seite 4 von 8

AWV-Dr. Busse GmbH

Jößnitzer Str. 113, 08525 Plauen, Germany
 Tel.: +49 (03741) 550 760, Fax: +49 (03741) 523 550
 eMail: awv@agrolab.de www.agrolab.de



AWV Jößnitzer Str. 113 08525 Plauen

Geotechnikbüro Prof. Wehr
 Am Schlossberg 1
 98743 Gräfenenthal

Datum 11.02.2019
 Kundennr. 27013768

PRÜFBERICHT 1482434 - 511636

Auftrag 1482434 Untersuchung auf vorgegebene Parameter
 Analysennr. 511636 Boden
 Probeneingang 21.01.2019
 Probenahme 21.01.2019
 Probenehmer Auftraggeber
 Kunden-Probenbezeichnung MP

Einheit Ergebnis Sp.5 (DK0) Sp.6 (DKI) Sp.7 (DKII) Sp.8 (DKIII) Best.-Gr.
 DepVO 09, DepVO 09, DepVO 09, Sp.8

Trockensubstanz	%	°	87,7					0,1
Feststoff								
pH-Wert (CaCl ₂)		°	7,48					0,1
Glühverlust	%		8,19	3	3	5	10	0,01
EOX	mg/kg		<0,50 (NWG)					1
Cyanide ges.	mg/kg		0,57					0,25
Kohlenwasserstoffe (GC)	mg/kg		475	500				50
Lipophile Stoffe	%		0,19	0,1	0,4	0,8	4	0,005
Kohlenstoff(C) organisch (TOC)	%		3,2	1	1	3	6	0,1
Arsen (As)	mg/kg		54,8					1
Blei (Pb)	mg/kg		101					3
Cadmium (Cd)	mg/kg		1,2					0,4
Chrom (Cr)	mg/kg		44,8					3
Kupfer (Cu)	mg/kg		99,6					3
Nickel (Ni)	mg/kg		58,7					3
Quecksilber (Hg)	mg/kg		<0,05 (+)					0,05
Thallium (Tl)	mg/kg		<0,10 (NWG)					0,3
Zink (Zn)	mg/kg		301					3
Feststoff (BTEX)								
Benzol	mg/kg		<0,050 (NWG)					0,1
Toluol	mg/kg		<0,050 (NWG)					0,1
Ethylbenzol	mg/kg		<0,050 (NWG)					0,1
m,p-Xylol	mg/kg		<0,10 (NWG)					0,2
o-Xylol	mg/kg		<0,050 (NWG)					0,1
Summe BTX	mg/kg		n.n.	6				
Feststoff (LHKW/CKW/FCKW)								
Dichlormethan	mg/kg		<0,0500 (NWG)					0,1
cis-Dichlorethen	mg/kg		<0,0500 (NWG)					0,1
trans-Dichlorethen	mg/kg		<0,0500 (NWG)					0,1
Trichlormethan	mg/kg		<0,0500 (NWG)					0,1
Tetrachlormethan	mg/kg		<0,0500 (NWG)					0,1
1,1,1-Trichlorethen	mg/kg		<0,0500 (NWG)					0,1
Trichlorethen	mg/kg		<0,0500 (NWG)					0,1

Die in diesem Dokument berichteten Parameter sind gemäß ISO/IEC 17025:2005 akkreditiert. Ausschließlich nicht akkreditierte Parameter sind mit dem Symbol "*" gekennzeichnet.

AG Chemnitz
 HRB 11049
 Ust/VAT-ID-Nr.:
 DE 170686 363

Geschäftsführer
 Jürgen Spranger
 Dr. Paul Wimmer



Seite 5 von 8

AWV-Dr. Busse GmbH

Jöbnitzer Str. 113, 08525 Plauen, Germany
 Tel.: +49 (03741) 550 760, Fax: +49 (03741) 523 550
 eMail: awv@agrolab.de www.agrolab.de

**AGROLAB GROUP**

Your labs. Your service.

Datum 11.02.2019
 Kundennr. 27013768

PRÜFBERICHT 1482434 - 511636

Kunden-Probenbezeichnung

MP

DepVO 09, DepVO 09, DepVO 09, DepVO 09,
 Ergebnis Sp.5 (DK0) Sp.6 (DK1) Sp.7 (DKII) (DKIII) Sp.8 Best.-Gr.

Einheit							
Tetrachlorethen	mg/kg	<0,0500 (NWG)					0,1
LHKW - Summe	mg/kg	n.n.					
Feststoff (PAK nach DIN 18287)							
Naphthalin	mg/kg	<0,50 ^(mv)					0,5
Acenaphthen	mg/kg	<0,50 ^(mv)					0,5
Acenaphthylen	mg/kg	<0,50 ^(mv)					0,5
Fluoren	mg/kg	<0,50 ^(mv)					0,5
Phenanthren	mg/kg	<0,50 ^(mv)					0,5
Anthracen	mg/kg	<0,50 ^(mv)					0,5
Fluoranthren	mg/kg	<0,50 ^(mv)					0,5
Pyren	mg/kg	<0,50 ^(mv)					0,5
Benzo(a)anthracen	mg/kg	<0,50 ^(mv)					0,5
Chrysen	mg/kg	<0,50 ^(mv)					0,5
Benzo(b)fluoranthren	mg/kg	<0,50 ^(mv)					0,5
Benzo(k)fluoranthren	mg/kg	<0,50 ^(mv)					0,5
Benzo(a)pyren	mg/kg	<0,50 ^(mv)					0,5
Dibenzo(a,h)anthracen	mg/kg	<0,50 ^(mv)					0,5
Benzo(ghi)perylene	mg/kg	<0,50 ^(mv)					0,5
Indeno(1,2,3-cd)pyren	mg/kg	<0,50 ^(mv)					0,5
Summe PAK (EPA)	mg/kg	n.b.	30				
Feststoff (PCB)							
PCB (28)	mg/kg	<0,10 (NWG) ^(mv)					0,2
PCB (52)	mg/kg	<0,10 (NWG) ^(mv)					0,2
PCB (101)	mg/kg	<0,10 (NWG) ^(mv)					0,2
PCB (138)	mg/kg	<0,10 (NWG) ^(mv)					0,2
PCB (153)	mg/kg	<0,10 (NWG) ^(mv)					0,2
PCB (180)	mg/kg	<0,10 (NWG) ^(mv)					0,2
PCB-Summe (6 Kongenere)	mg/kg	n.n.					
PCB (118)	mg/kg	<0,10 (NWG) ^(mv)					0,2
PCB-Summe	mg/kg	n.n.	1				
Eluat							
pH-Wert		7,32	5,5-13	5,5-13	5,5-13	4-13	0,1
elektrische Leitfähigkeit	µS/cm	493					1
Gesamtgehalt an gelösten Stoffen	mg/l	281	400	3000	6000	10000	200
Chlorid (Cl)	mg/l	1,09	80	1500	1500	2500	0,1
Sulfat (SO ₄)	mg/l	165	100	2000	2000	5000	0,1
Fluorid (F)	mg/l	0,58	1	5	15	50	0,01
Cyanide ges.	mg/l	<0,0030 (NWG)					0,005
Cyanide leicht freisetzbar	mg/l	<0,0050 (NWG)	0,01	0,1	0,5	1	0,011
Phenolindex	mg/l	<0,010	0,1	0,2	50		0,01
Antimon (Sb)	mg/l	<0,0020 (NWG)	0,006	0,03	0,07	0,5	0,005
Arsen (As)	mg/l	<0,005 (+)	0,05	0,2	0,2	2,5	0,005
Barium (Ba)	mg/l	0,063	2	5	10	30	0,005
Blei (Pb)	mg/l	<0,0050	0,05	0,2	1	5	0,005
Cadmium (Cd)	mg/l	<0,0015	0,004	0,05	0,1	0,5	0,0015
Chrom (Cr)	mg/l	<0,00200 (NWG)	0,05	0,3	1	7	0,005
Kupfer (Cu)	mg/l	0,015	0,2	1	5	10	0,005
Molybdän (Mo)	mg/l	<0,0060 (+)	0,05	0,3	1	3	0,006
Nickel (Ni)	mg/l	<0,0030 (NWG)	0,04	0,2	1	4	0,006
Quecksilber (Hg)	mg/l	<0,00010 (NWG)	0,001	0,005	0,02	0,2	0,0002

Seite 6 von 8

AG Chemnitz
 HRB 11049
 Ust/VAT-ID-Nr.:
 DE 170686 363

Geschäftsführer
 Jürgen Spranger
 Dr. Paul Wimmer



AWV-Dr. Busse GmbH

Jößnitzer Str. 113, 08525 Plauen, Germany
 Tel.: +49 (03741) 550 760, Fax: +49 (03741) 523 550
 eMail: awv@agrolab.de www.agrolab.de

**AGROLAB GROUP**

Your labs. Your service.

Datum 11.02.2019

Kundennr. 27013768

PRÜFBERICHT 1482434 - 511636

Kunden-Probenbezeichnung

MP

Einheit	DepVO 09, Sp.8				Best.-Gr.	
	Ergebnis	Sp.5 (DK0)	Sp.6 (DKI)	Sp.7 (DKII)	(DKIII)	
Selen (Se)	mg/l	<0,0030 (NWG)	0,01	0,03	0,05	0,7
Thallium (Tl)	mg/l	<0,0010				0,005
Zink (Zn)	mg/l	0,0073	0,4	2	5	20
DOC	mg/l	2,9	50	50	80	100

Aufbereitung

Eluaterstellung						0
Königswasseraufschluß						
Analyse in der Gesamtfraction						

mv) Die Bestimmung-, bzw. Nachweisgrenze musste erhöht werden, da zur Analyse das zu vermessende Material aufgrund seiner Probenbeschaffenheit verdünnt werden musste.

Erläuterung: Das Zeichen "<" oder n.b. in der Spalte Ergebnis bedeutet, der betreffende Stoff ist bei nebenstehender Bestimmungsgrenze nicht quantifizierbar.

Das Zeichen "<...(NWG)" oder n.n. in der Spalte Ergebnis bedeutet, der betreffende Stoff ist bei nebenstehender Nachweisgrenze nicht nachzuweisen.

Das Zeichen "<...(+) " in der Spalte Ergebnis bedeutet, der betreffende Stoff wurde im Bereich zwischen Nachweisgrenze und Bestimmungsgrenze qualitativ nachgewiesen.

Die Einwaage zur Untersuchung auf leichtflüchtige organische Substanzen erfolgte im Labor aus der angelieferten Originalprobe. Dieses Vorgehen könnte einen Einfluss auf die Messergebnisse haben.

Die Analysenwerte der Feststoffparameter beziehen sich auf die Trockensubstanz, bei den mit * gekennzeichneten Parametern auf die Originalsubstanz.

Beginn der Prüfungen: 24.01.2019

Ende der Prüfungen: 11.02.2019

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfgegenstände. Bei Proben unbekannten Ursprungs ist eine Plausibilitätsprüfung nur bedingt möglich. Die auszugsweise Vervielfältigung des Berichts ohne unsere schriftliche Genehmigung ist nicht zulässig. Die Prüfergebnisse in diesem Prüfbericht werden gemäß der mit Ihnen schriftlich gemäß Auftragsbestätigung getroffenen Vereinbarung in vereinfachter Weise i.S. der ISO/IEC 17025:2005, Abs. 5.10.1 berichtet.

AWV Daniela Kucharski, Tel. 03741/55076-2
Kundenbetreuung

AG Chemnitz
 HRB 11049
 Ust/VAT-ID-Nr.:
 DE 170686 363

Geschäftsführer
 Jürgen Spranger
 Dr. Paul Wimmer



Seite 7 von 8

AWV-Dr. Busse GmbH

Jößnitzer Str. 113, 08525 Plauen, Germany
Tel.: +49 (03741) 550 760, Fax: +49 (03741) 523 550
eMail: awv@agrolab.de www.agrolab.de



Datum 11.02.2019
Kundennr. 27013768

PRÜFBERICHT 1482434 - 511636

Kunden-Probenbezeichnung MP

Methodenliste

Feststoff

- Analyse in der Gesamtfraktion

Berechnung aus Messwerten der Einzelparameter LHKW - Summe Summe BTX Summe PAK (EPA) PCB-Summe (6 Kongenere)
PCB-Summe

DIN EN ISO 11885 : 2009-09 Arsen (As) Blei (Pb) Cadmium (Cd) Chrom (Cr) Kupfer (Cu) Nickel (Ni) Thallium (Tl) Zink (Zn)

DIN EN ISO 12846 : 2012-08 Quecksilber (Hg)

DIN EN 13137 : 2001-12 Kohlenstoff(C) organisch (TOC)

DIN EN 13657 : 2003-01 Königswasseraufschluß

DIN EN 14039 : 2005-01 + LAGA KW/04 : 2009-12 Kohlenwasserstoffe (GC)

DIN EN 14346 : 2007-03 Trockensubstanz

DIN EN 15169 : 2007-05 Glühverlust

DIN EN 15308 : 2016-12 PCB (28) PCB (52) PCB (101) PCB (138) PCB (153) PCB (180) PCB (118)

DIN ISO 10390 : 2012-05 pH-Wert (CaCl2)

DIN ISO 11262 : 2012-04 Cyanide ges.

DIN ISO 18287 : 2006-05 Naphthalin Acenaphthen Acenaphthylen Fluoren Phenanthren Anthracen Fluoranthren Pyren Benzo(a)anthracen
Chrysen Benzo(b)fluoranthren Benzo(k)fluoranthren Benzo(a)pyren Dibenzo(a,h)anthracen Benzo(ghi)perylene
Indeno(1,2,3-cd)pyren

DIN 38414-17 : 2012-02 EOX

HLUG, Handb. Altlasten Bd.7, Tl.4 : 2000-08 Dichlormethan cis-Dichlorethen trans-Dichlorethen Trichlormethan Tetrachlormethan
1,1,1-Trichlorethan Trichlorethen Tetrachlorethen Benzol Toluol Ethylbenzol m,p-Xylol o-Xylol

LAGA KW/04 : 2009-12 Lipophile Stoffe

Eluat

DIN EN ISO 10304-1 : 2009-07 Chlorid (Cl) Sulfat (SO4)

DIN EN ISO 11885 : 2009-09 Antimon (Sb) Arsen (As) Barium (Ba) Blei (Pb) Cadmium (Cd) Chrom (Cr) Kupfer (Cu) Molybdän (Mo)
Nickel (Ni) Selen (Se) Thallium (Tl) Zink (Zn)

DIN EN ISO 12846 : 2012-08 Quecksilber (Hg)

DIN EN ISO 14402 : 1999-12 Phenolindex

DIN EN ISO 14403 : 2002-07 Cyanide ges.

DIN EN 12457-4 : 2003-01 Eluaterstellung

DIN EN 1484 : 1997-08 DOC

DIN EN 15216 : 2008-01 Gesamtgehalt an gelösten Stoffen

DIN EN 27888 : 1993-11 elektrische Leitfähigkeit

DIN ISO 17380 : 2006-05 Cyanide leicht freisetzbar

DIN 38404-5 : 2009-07 pH-Wert

DIN 38405-4 : 1985-07 Fluorid (F)

Die in diesem Dokument berichteten Parameter sind gemäß ISO/IEC 17025:2005 akkreditiert. Ausschließlich nicht akkreditierte Parameter sind mit dem Symbol " * " gekennzeichnet.

AG Chemnitz
HRB 11049
Ust/VAT-ID-Nr.:
DE 170686 363

Geschäftsführer
Jürgen Spranger
Dr. Paul Wimmer



Seite 8 von 8

XX

16 Anhang 5 Probenahmeprotokoll

Probenahmeprotokoll GR-A-P1

Probenahmeprotokoll nach LAGA PN 98

A. Allgemeine Angaben

1. Veranlasser der Probenahme:	Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Wehr; Fachhochschule Erfurt
2. Grund der Probenahme:	in situ-Untersuchung
3. Probenahmezeitpunkt:	06.11.2018 , 11 Uhr
4. Probenehmer:	Herr Tautenhahn
5. Anwesende Personen:	Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Wehr
6. Herkunft des Abfalls (Anschrift):	Gebersdorfer Str. ; am Ringelteich
7. Vermutete Schadstoffe:	kein spezifischer Verdacht
8. Untersuchungsstelle (Labor):	GR-A-P1

B. Vor-Ort-Gegebenheiten

9. Abfallart / allgemeine Beschreibung:	Boden
Farbe:	braun-grau
Geruch:	neutral
Konsistenz:	erdfeucht
Körnung / Größtkorn:	60 mm
10. Gesamtvolumen / Form der Lagerung:	0,5m³ / Hügel
11. Lagerungsdauer:	-
12. Einflüsse auf das Abfallmaterial:	-
13. Probenahmegerät und -material:	Handschaufel aus Aluminium
14. Probenahmeverfahren:	Schürfe
15. Entnahmetiefe:	0m-0,5m
16. Anzahl und Volumen der Proben:	
Einzelproben:	zu je Liter
Mischproben:	zu je Liter (Einzelpr. je Mischpr.)
Sammelproben:	zu je Liter
Laborproben:	zu je Liter
Sonderproben:	

Probenahmeprotokoll nach LAGA PN 98

17. Probenvorbereitung: _____
18. Probentransport und -lagerung: dunkel, kühl
19. Kühlung: _____
20. Vor-Ort-Untersuchungen: _____

21. Beobachtungen bei der Probenahme: _____

22. Topographische Karte als Anhang? ja ☐ nein ☐
- Hochwert: _____ Rechtswert: _____

23. Lageskizze (Lage der Haufwerke, ect. und Probenahmepunkte, Straßen, Gebäude usw.)

24. Sonstige Bemerkungen _____
- _____
- _____

25. Ort: _____ Unterschrift
Probenehmer _____
- Datum _____ Unterschrift
Anwesende / Zeugen _____

Probenahmeprotokoll: GR-A-P2

Probenahmeprotokoll nach LAGA PN 98

A. Allgemeine Angaben

1. Veranlasser der Probenahme:	Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Wehr, Fachhochschule Erfurt
2. Grund der Probenahme:	in situ-Untersuchung
3. Probenahmezeitpunkt:	06.11.2018 , 11 Uhr
4. Probennehmer:	Herr Tautenhahn
5. Anwesende Personen:	Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Wehr
6. Herkunft des Abfalls (Anschrift):	Gebersdorfer Str. ; am Ringelteich
7. Vermutete Schadstoffe:	kein spezifischer Verdacht
8. Untersuchungsstelle (Labor):	GR-A-P2

B. Vor-Ort-Gegebenheiten

9. Abfallart / allgemeine Beschreibung:	Boden
Farbe:	dunkel braun bis schwarz
Geruch:	leicht moderisch
Konsistenz:	erdfeucht klebrig
Körnung / Größtkorn:	80 mm
10. Gesamtvolumen / Form der Lagerung:	1m³ / Hügel
11. Lagerungsdauer:	-
12. Einflüsse auf das Abfallmaterial:	-
13. Probenahmegerät und -material:	Handschaufel aus Aluminium
14. Probenahmeverfahren:	Schürfe
15. Entnahmetiefe:	0,5m - 1,0m
16. Anzahl und Volumen der Proben:	
Einzelproben:	zu je Liter
Mischproben:	zu je Liter (Einzelpr. je Mischpr.)
Sammelproben:	zu je Liter
Laborproben:	zu je Liter
Sonderproben:	

Probenahmeprotokoll nach LAGA PN 98

17. Probenvorbereitung: _____
18. Probentransport und -lagerung: _____ dunkel, kühl _____
19. Kühlung: _____
20. Vor-Ort-Untersuchungen: _____

21. Beobachtungen bei der Probenahme: _____ Bauschutt u. Metall Kleinteile enthalten _____

22. Topographische Karte als Anhang? ja ☐ nein ☐

Hochwert: _____ Rechtswert: _____

23. Lageskizze (Lage der Haufwerke, ect. und Probenahmepunkte, Straßen, Gebäude usw.)

24. Sonstige Bemerkungen _____ Wurzeln u. verrottetes Holz enthalten _____

25. Ort: _____ Unterschrift
Probenehmer _____

Datum _____ Unterschrift
Anwesende / Zeugen _____

Probenahmeprotokoll: GR-A-P3

Probenahmeprotokoll nach LAGA PN 98

A. Allgemeine Angaben

1. Veranlasser der Probenahme:	Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Wehr; Fachhochschule Erfurt
2. Grund der Probenahme:	in situ-Untersuchung
3. Probenahmezeitpunkt:	06.11.2018 , 11 Uhr
4. Probenehmer:	Herr Tautenhahn
5. Anwesende Personen:	Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Wehr
6. Herkunft des Abfalls (Anschrift):	Gebersdorfer Str. ; am Ringelteich
7. Vermutete Schadstoffe:	kein spezifischer Verdacht
8. Untersuchungsstelle (Labor):	GR-A-P3

B. Vor-Ort-Gegebenheiten

9. Abfallart / allgemeine Beschreibung:	Boden
Farbe:	dunkelgrau bis schwarz, leicht glänzend
Geruch:	modriger Geruch
Konsistenz:	breiig
Körnung / Größtkorn:	80 mm
10. Gesamtvolumen / Form der Lagerung:	0,5m³ / Hügel
11. Lagerungsdauer:	-
12. Einflüsse auf das Abfallmaterial:	-
13. Probenahmegerät und -material:	Handschaufel aus Aluminium
14. Probenahmeverfahren:	Schürfe
15. Entnahmetiefe:	1,0m - 1,4m
16. Anzahl und Volumen der Proben:	
Einzelproben:	zu je Liter
Mischproben:	zu je Liter (Einzelpr. je Mischpr.)
Sammelproben:	zu je Liter
Laborproben:	zu je Liter
Sonderproben:	

Probenahmeprotokoll nach LAGA PN 98

17. Probenvorbereitung: _____
18. Probentransport und -lagerung: dunkel, kühl
19. Kühlung: _____
20. Vor-Ort-Untersuchungen: _____

21. Beobachtungen bei der Probenahme: Ziegelreste, Glas, Holzreste enthalten

22. Topographische Karte als Anhang? ja ☐ nein ☐

Hochwert: _____ Rechtswert: _____

23. Lageskizze (Lage der Haufwerke, ect. und Probenahmepunkte, Straßen, Gebäude usw.)

24. Sonstige Bemerkungen Wurzeln u. verrottetes Holz enthalten

25. Ort: _____ Unterschrift
Probenehmer

Datum _____ Unterschrift
Anwesende / Zeugen

Probenahmeprotokoll: GR-B-P1

Probenahmeprotokoll nach LAGA PN 98

A. Allgemeine Angaben

1. Veranlasser der Probenahme:	Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Wehr; Fachhochschule Erfurt
2. Grund der Probenahme:	in situ-Untersuchung
3. Probenahmezeitpunkt:	06.11.2018 , 11:30 Uhr
4. Probenehmer:	Herr Tautenhahn
5. Anwesende Personen:	Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Wehr
6. Herkunft des Abfalls (Anschrift):	Gebersdorfer Str. ; am Ringelteich
7. Vermutete Schadstoffe:	kein spezifischer Verdacht
8. Untersuchungsstelle (Labor):	GR-B-P1

B. Vor-Ort-Gegebenheiten

9. Abfallart / allgemeine Beschreibung:	Boden
Farbe:	grau-braun
Geruch:	neutral
Konsistenz:	erdfeucht, kiesig-sandig
Körnung / Größtkorn:	40 mm
10. Gesamtvolumen / Form der Lagerung:	0,5m³ / Hügel
11. Lagerungsdauer:	-
12. Einflüsse auf das Abfallmaterial:	-
13. Probenahmegerät und -material:	Handschaufel aus Aluminium
14. Probenahmeverfahren:	Schürfe
15. Entnahmetiefe:	0m - 0,5m
16. Anzahl und Volumen der Proben:	
Einzelproben:	zu je Liter
Mischproben:	zu je Liter (Einzelpr. je Mischpr.)
Sammelproben:	zu je Liter
Laborproben:	zu je Liter
Sonderproben:	

Probenahmeprotokoll nach LAGA PN 98

17. Probenvorbereitung: _____
18. Probentransport und -lagerung: dunkel, kühl
19. Kühlung: _____
20. Vor-Ort-Untersuchungen: _____

21. Beobachtungen bei der Probenahme: gut verdichtet, Frostschutz

22. Topographische Karte als Anhang? ja ☐ nein ☐

Hochwert: _____ Rechtswert: _____

23. Lageskizze (Lage der Haufwerke, ect. und Probenahmepunkte, Straßen, Gebäude usw.)

24. Sonstige Bemerkungen _____

25. Ort: _____ Unterschrift
Probenehmer

Datum: _____ Unterschrift
Anwesende / Zeugen

Probenahmeprotokoll: GR-B-P2

Probenahmeprotokoll nach LAGA PN 98

A. Allgemeine Angaben

1. Veranlasser der Probenahme:	Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Wehr; Fachhochschule Erfurt
2. Grund der Probenahme:	in situ-Untersuchung
3. Probenahmezeitpunkt:	06.11.2018 , 11:30 Uhr
4. Probenehmer:	Herr Tautenhahn
5. Anwesende Personen:	Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Wehr
6. Herkunft des Abfalls (Anschrift):	Gebersdorfer Str. ; am Ringelteich
7. Vermutete Schadstoffe:	kein spezifischer Verdacht
8. Untersuchungsstelle (Labor):	GR-B-P2

B. Vor-Ort-Gegebenheiten

9. Abfallart / allgemeine Beschreibung:	Boden
Farbe:	grau-braun bis schwarz
Geruch:	modrig, stark muffig
Konsistenz:	feucht bis sehr feucht
Körnung / Größtkorn:	40 mm
10. Gesamtvolumen / Form der Lagerung:	0,5m³ / Hügel
11. Lagerungsdauer:	-
12. Einflüsse auf das Abfallmaterial:	-
13. Probenahmegerät und -material:	Handschaufel aus Aluminium
14. Probenahmeverfahren:	Schürfe
15. Entnahmetiefe:	0,5m - 1,0m
16. Anzahl und Volumen der Proben:	
Einzelproben:	zu je Liter
Mischproben:	zu je Liter (Einzelpr. je Mischpr.)
Sammelproben:	zu je Liter
Laborproben:	zu je Liter
Sonderproben:	

Probenahmeprotokoll nach LAGA PN 98

17. Probenvorbereitung: _____
18. Probentransport und -lagerung: dunkel, kühl
19. Kühlung: _____
20. Vor-Ort-Untersuchungen: _____

21. Beobachtungen bei der Probenahme: viel Wurzeln u. organische Anteile

22. Topographische Karte als Anhang? ja ☐ nein ☐

Hochwert: _____ Rechtswert: _____

23. Lageskizze (Lage der Haufwerke, ect. und Probenahmepunkte, Straßen, Gebäude usw.)

24. Sonstige Bemerkungen Glas sowie Kunststoffmüll enthalten

25. Ort: _____ Unterschrift
Probenehmer

Datum _____ Unterschrift
Anwesende / Zeugen

Probenahmeprotokoll: GR-B-P3

Probenahmeprotokoll nach LAGA PN 98

A. Allgemeine Angaben

1. Veranlasser der Probenahme:	Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Wehr; Fachhochschule Erfurt
2. Grund der Probenahme:	in situ-Untersuchung
3. Probenahmezeitpunkt:	06.11.2018 , 11:30 Uhr
4. Probenehmer:	Herr Tautenhahn
5. Anwesende Personen:	Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Wehr
6. Herkunft des Abfalls (Anschrift):	Gebersdorfer Str. ; am Ringelteich
7. Vermutete Schadstoffe:	kein spezifischer Verdacht
8. Untersuchungsstelle (Labor):	GR-B-P3

B. Vor-Ort-Gegebenheiten

9. Abfallart / allgemeine Beschreibung:	Boden
Farbe:	dunkelgrau bis schwarz
Geruch:	leicht muffig, gammelig
Konsistenz:	breiig
Körnung / Größtkorn:	40 mm
10. Gesamtvolumen / Form der Lagerung:	0,5m³ / Hügel
11. Lagerungsdauer:	-
12. Einflüsse auf das Abfallmaterial:	-
13. Probenahmegerät und -material:	Handschaufel aus Aluminium
14. Probenahmeverfahren:	Schürfe
15. Entnahmetiefe:	1,0m - 1,4m
16. Anzahl und Volumen der Proben:	
Einzelproben:	zu je Liter
Mischproben:	zu je Liter (Einzelpr. je Mischpr.)
Sammelproben:	zu je Liter
Laborproben:	zu je Liter
Sonderproben:	

Probenahmeprotokoll nach LAGA PN 98

17. Probenvorbereitung: _____
18. Probentransport und -lagerung: dunkel, kühl
19. Kühlung: _____
20. Vor-Ort-Untersuchungen: _____

21. Beobachtungen bei der Probenahme: _____

22. Topographische Karte als Anhang? ja ☐ nein ☐

Hochwert: _____ Rechtswert: _____

23. Lageskizze (Lage der Haufwerke, ect. und Probenahmepunkte, Straßen, Gebäude usw.)

24. Sonstige Bemerkungen Müll enthalten (Kunststoff)

viel biologischer Müll (Wurzeln, Holz, Stroh)

25. Ort: _____ Unterschrift
Probenehmer

Datum _____ Unterschrift
Anwesende / Zeugen

Probenahmeprotokoll: GR-C-P1

Probenahmeprotokoll nach LAGA PN 98

A. Allgemeine Angaben

1. Veranlasser der Probenahme:	Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Wehr; Fachhochschule Erfurt
2. Grund der Probenahme:	in situ-Untersuchung
3. Probenahmezeitpunkt:	06.11.2018 , 11:30 Uhr
4. Probenehmer:	Herr Tautenhahn
5. Anwesende Personen:	Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Wehr
6. Herkunft des Abfalls (Anschrift):	Gebersdorfer Str. ; am Ringelteich
7. Vermutete Schadstoffe:	kein spezifischer Verdacht
8. Untersuchungsstelle (Labor):	GR-C-P1

B. Vor-Ort-Gegebenheiten

9. Abfallart / allgemeine Beschreibung:	Boden
Farbe:	braun bis dunkelgrau
Geruch:	muffig, Ölig (Teer)
Konsistenz:	erdfeucht krümelig
Körnung / Größtkorn:	40 mm
10. Gesamtvolumen / Form der Lagerung:	0,5m³ / Hügel
11. Lagerungsdauer:	-
12. Einflüsse auf das Abfallmaterial:	-
13. Probenahmegerät und -material:	Handschaufel aus Aluminium
14. Probenahmeverfahren:	Schürfe
15. Entnahmetiefe:	0m - 0,5m
16. Anzahl und Volumen der Proben:	
Einzelproben:	zu je Liter
Mischproben:	zu je Liter (Einzelpr. je Mischpr.)
Sammelproben:	zu je Liter
Laborproben:	zu je Liter
Sonderproben:	

Probenahmeprotokoll nach LAGA PN 98

17. Probenvorbereitung: _____
18. Probentransport und -lagerung: dunkel, kühl
19. Kühlung: _____
20. Vor-Ort-Untersuchungen: _____

21. Beobachtungen bei der Probenahme: öliger Geruch!

22. Topographische Karte als Anhang? ja ☐ nein ☐

Hochwert: _____ Rechtswert: _____

23. Lageskizze (Lage der Haufwerke, ect. und Probenahmepunkte, Straßen, Gebäude usw.)

24. Sonstige Bemerkungen unter der 0,3m dicken Frostschutzschicht war eine 15cm
dicke Schicht aus Asphaltresten <10% Bauschuttanteil

25. Ort: _____ Unterschrift
Probenehmer

Datum _____ Unterschrift
Anwesende / Zeugen

Probenahmeprotokoll: GR-C-P2

Probenahmeprotokoll nach LAGA PN 98

A. Allgemeine Angaben

1. Veranlasser der Probenahme:	Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Wehr; Fachhochschule Erfurt
2. Grund der Probenahme:	in situ-Untersuchung
3. Probenahmezeitpunkt:	06.11.2018 , 11:30 Uhr
4. Probenehmer:	Herr Tautenhahn
5. Anwesende Personen:	Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Wehr
6. Herkunft des Abfalls (Anschrift):	Gebersdorfer Str. ; am Ringelteich
7. Vermutete Schadstoffe:	kein spezifischer Verdacht
8. Untersuchungsstelle (Labor):	GR-C-P2

B. Vor-Ort-Gegebenheiten

9. Abfallart / allgemeine Beschreibung:	Boden
Farbe:	dunkelbraun
Geruch:	modrig, leicht ölig
Konsistenz:	erdfeucht, leicht klebrig
Körnung / Größtkorn:	40 mm
10. Gesamtvolumen / Form der Lagerung:	0,5m³ / Hügel
11. Lagerungsdauer:	-
12. Einflüsse auf das Abfallmaterial:	-
13. Probenahmegerät und -material:	Handschaufel aus Aluminium
14. Probenahmeverfahren:	Schürfe
15. Entnahmetiefe:	0,5m - 1,0m
16. Anzahl und Volumen der Proben:	
Einzelproben:	zu je Liter
Mischproben:	zu je Liter (Einzelpr. je Mischpr.)
Sammelproben:	zu je Liter
Laborproben:	zu je Liter
Sonderproben:	

Probenahmeprotokoll nach LAGA PN 98

17. Probenvorbereitung: _____
18. Probentransport und -lagerung: dunkel, kühl
19. Kühlung: _____
20. Vor-Ort-Untersuchungen: _____

21. Beobachtungen bei der Probenahme: _____

22. Topographische Karte als Anhang? ja ☐ nein ☐

Hochwert: _____ Rechtswert: _____

23. Lageskizze (Lage der Haufwerke, ect. und Probenahmepunkte, Straßen, Gebäude usw.)

24. Sonstige Bemerkungen Holz enthalten

Bauschuttanteil <10%

25. Ort: _____ Unterschrift
Probenehmer

Datum _____ Unterschrift
Anwesende / Zeugen

Probenahmeprotokoll: GR-C-P3

Probenahmeprotokoll nach LAGA PN 98

A. Allgemeine Angaben

1. Veranlasser der Probenahme:	Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Wehr; Fachhochschule Erfurt
2. Grund der Probenahme:	in situ-Untersuchung
3. Probenahmezeitpunkt:	06.11.2018 , 11:30 Uhr
4. Probenehmer:	Herr Tautenhahn
5. Anwesende Personen:	Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Wehr
6. Herkunft des Abfalls (Anschrift):	Gebersdorfer Str. ; am Ringelteich
7. Vermutete Schadstoffe:	kein spezifischer Verdacht
8. Untersuchungsstelle (Labor):	GR-C-P3

B. Vor-Ort-Gegebenheiten

9. Abfallart / allgemeine Beschreibung:	Boden
Farbe:	dunkelbraun bis schwarz
Geruch:	leicht modrig
Konsistenz:	feucht- klebrig
Körnung / Größtkorn:	40 mm
10. Gesamtvolumen / Form der Lagerung:	0,5m³ / Hügel
11. Lagerungsdauer:	-
12. Einflüsse auf das Abfallmaterial:	-
13. Probenahmegerät und -material:	Handschaufel aus Aluminium
14. Probenahmeverfahren:	Schürfe
15. Entnahmetiefe:	1,0m - 1,5m
16. Anzahl und Volumen der Proben:	
Einzelproben:	zu je Liter
Mischproben:	zu je Liter (Einzelpr. je Mischpr.)
Sammelproben:	zu je Liter
Laborproben:	zu je Liter
Sonderproben:	

Probenahmeprotokoll nach LAGA PN 98

17. Probenvorbereitung: _____
18. Probentransport und -lagerung: dunkel, kühl
19. Kühlung: _____
20. Vor-Ort-Untersuchungen: _____

21. Beobachtungen bei der Probenahme: _____

22. Topographische Karte als Anhang? ja ☐ nein ☐

Hochwert: _____ Rechtswert: _____

23. Lageskizze (Lage der Haufwerke, ect. und Probenahmepunkte, Straßen, Gebäude usw.)

24. Sonstige Bemerkungen organische Anteile enthalten

Bauschuttanteil < 10%

25. Ort: _____ Unterschrift
Probenehmer

Datum _____ Unterschrift
Anwesende / Zeugen

Probenahmeprotokoll: GR-D-P1

Probenahmeprotokoll nach LAGA PN 98

A. Allgemeine Angaben

1. Veranlasser der Probenahme:	Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Wehr, Fachhochschule Erfurt
2. Grund der Probenahme:	in situ-Untersuchung
3. Probenahmezeitpunkt:	06.11.2018 , 12:00 Uhr
4. Probenehmer:	Herr Tautenhahn
5. Anwesende Personen:	Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Wehr
6. Herkunft des Abfalls (Anschrift):	Gebersdorfer Str. ; am Ringelteich
7. Vermutete Schadstoffe:	kein spezifischer Verdacht
8. Untersuchungsstelle (Labor):	GR-D-P1

B. Vor-Ort-Gegebenheiten

9. Abfallart / allgemeine Beschreibung:	Boden
Farbe:	grau schwarz
Geruch:	neutral
Konsistenz:	kiesig- sandig
Körnung / Größtkorn:	30 mm
10. Gesamtvolumen / Form der Lagerung:	0,5m³ / Hügel
11. Lagerungsdauer:	-
12. Einflüsse auf das Abfallmaterial:	-
13. Probenahmegerät und -material:	Handschaufel aus Aluminium
14. Probenahmeverfahren:	Schürfe
15. Entnahmetiefe:	0m - 0,5m
16. Anzahl und Volumen der Proben:	
Einzelproben:	zu je Liter
Mischproben:	zu je Liter (Einzelpr. je Mischpr.)
Sammelproben:	zu je Liter
Laborproben:	zu je Liter
Sonderproben:	

Probenahmeprotokoll nach LAGA PN 98

17. Probenvorbereitung:		
18. Probentransport und -lagerung:	dunkel, kühl	
19. Kühlung:		
20. Vor-Ort-Untersuchungen:		
21. Beobachtungen bei der Probenahme:	sehr verdichteter Boden	
22. Topographische Karte als Anhang?	ja ☐ nein ☐	
	Hochwert:	Rechtswert:
23. Lageskizze (Lage der Haufwerke, ect. und Probenahmepunkte, Straßen, Gebäude usw.)		
24. Sonstige Bemerkungen		
25. Ort:	Unterschrift Probenehmer	
Datum	Unterschrift Anwesende / Zeugen	

Probenahmeprotokoll: GR-D-P2

Probenahmeprotokoll nach LAGA PN 98

A. Allgemeine Angaben

1. Veranlasser der Probenahme:	Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Wehr, Fachhochschule Erfurt
2. Grund der Probenahme:	in situ-Untersuchung
3. Probenahmezeitpunkt:	06.11.2018 , 12:00 Uhr
4. Probenehmer:	Herr Tautenhahn
5. Anwesende Personen:	Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Wehr
6. Herkunft des Abfalls (Anschrift):	Gebersdorfer Str. ; am Ringelteich
7. Vermutete Schadstoffe:	kein spezifischer Verdacht
8. Untersuchungsstelle (Labor):	GR-D-P2

B. Vor-Ort-Gegebenheiten

9. Abfallart / allgemeine Beschreibung:	Boden
Farbe:	dunkelbraun
Geruch:	leicht modrig
Konsistenz:	klebrig- feucht
Körnung / Größtkorn:	60 mm
10. Gesamtvolumen / Form der Lagerung:	0,5m³ / Hügel
11. Lagerungsdauer:	-
12. Einflüsse auf das Abfallmaterial:	-
13. Probenahmegerät und -material:	Handschaufel aus Aluminium
14. Probenahmeverfahren:	Schürfe
15. Entnahmetiefe:	0,5m - 1,0m
16. Anzahl und Volumen der Proben:	
Einzelproben:	zu je Liter
Mischproben:	zu je Liter (Einzelpr. je Mischpr.)
Sammelproben:	zu je Liter
Laborproben:	zu je Liter
Sonderproben:	

Probenahmeprotokoll nach LAGA PN 98

17. Probenvorbereitung: _____
18. Probentransport und -lagerung: dunkel, kühl
19. Kühlung: _____
20. Vor-Ort-Untersuchungen: _____

21. Beobachtungen bei der Probenahme: _____

22. Topographische Karte als Anhang? ja ☐ nein ☐

Hochwert: _____ Rechtswert: _____

23. Lageskizze (Lage der Haufwerke, ect. und Probenahmepunkte, Straßen, Gebäude usw.)

24. Sonstige Bemerkungen Organischer Anteil enthalten

Bauschutt < 10%

25. Ort: _____ Unterschrift
Probenehmer

Datum _____ Unterschrift
Anwesende / Zeugen

Probenahmeprotokoll: GR-D-P3

Probenahmeprotokoll nach LAGA PN 98

A. Allgemeine Angaben

1. Veranlasser der Probenahme:	Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Wehr, Fachhochschule Erfurt
2. Grund der Probenahme:	in situ-Untersuchung
3. Probenahmezeitpunkt:	06.11.2018 , 12:00 Uhr
4. Probenehmer:	Herr Tautenhahn
5. Anwesende Personen:	Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Wehr
6. Herkunft des Abfalls (Anschrift):	Gebersdorfer Str. ; am Ringelteich
7. Vermutete Schadstoffe:	kein spezifischer Verdacht
8. Untersuchungsstelle (Labor):	GR-D-P3

B. Vor-Ort-Gegebenheiten

9. Abfallart / allgemeine Beschreibung:	Boden
Farbe:	braun, leicht glänzend
Geruch:	modrig
Konsistenz:	klebrig
Körnung / Größtkorn:	60 mm
10. Gesamtvolumen / Form der Lagerung:	0,5m³ / Hügel
11. Lagerungsdauer:	-
12. Einflüsse auf das Abfallmaterial:	-
13. Probenahmegerät und -material:	Handschaufel aus Aluminium
14. Probenahmeverfahren:	Schürfe
15. Entnahmetiefe:	1,0m - 1,5m
16. Anzahl und Volumen der Proben:	
Einzelproben:	zu je Liter
Mischproben:	zu je Liter (Einzelpr. je Mischpr.)
Sammelproben:	zu je Liter
Laborproben:	zu je Liter
Sonderproben:	

Probenahmeprotokoll nach LAGA PN 98

17. Probenvorbereitung: _____
18. Probentransport und -lagerung: dunkel, kühl
19. Kühlung: _____
20. Vor-Ort-Untersuchungen: _____

21. Beobachtungen bei der Probenahme: _____

22. Topographische Karte als Anhang? ja ☐ nein ☐

Hochwert: _____ Rechtswert: _____

23. Lageskizze (Lage der Haufwerke, ect. und Probenahmepunkte, Straßen, Gebäude usw.)

24. Sonstige Bemerkungen Organischer Anteil enthalten

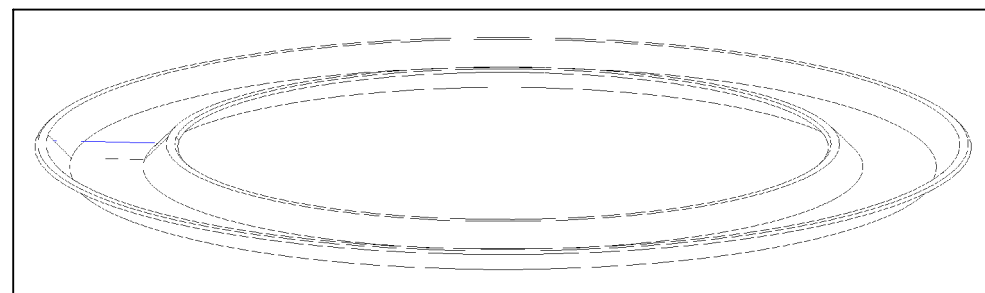
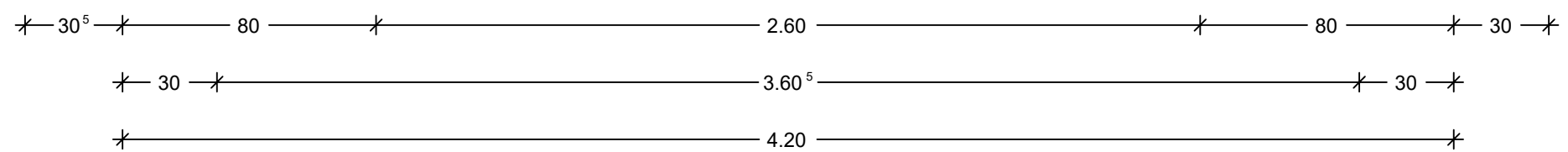
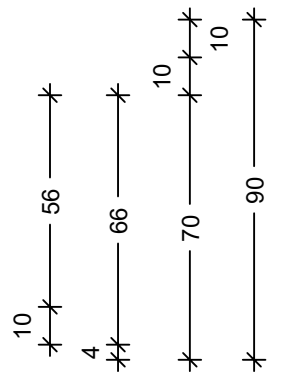
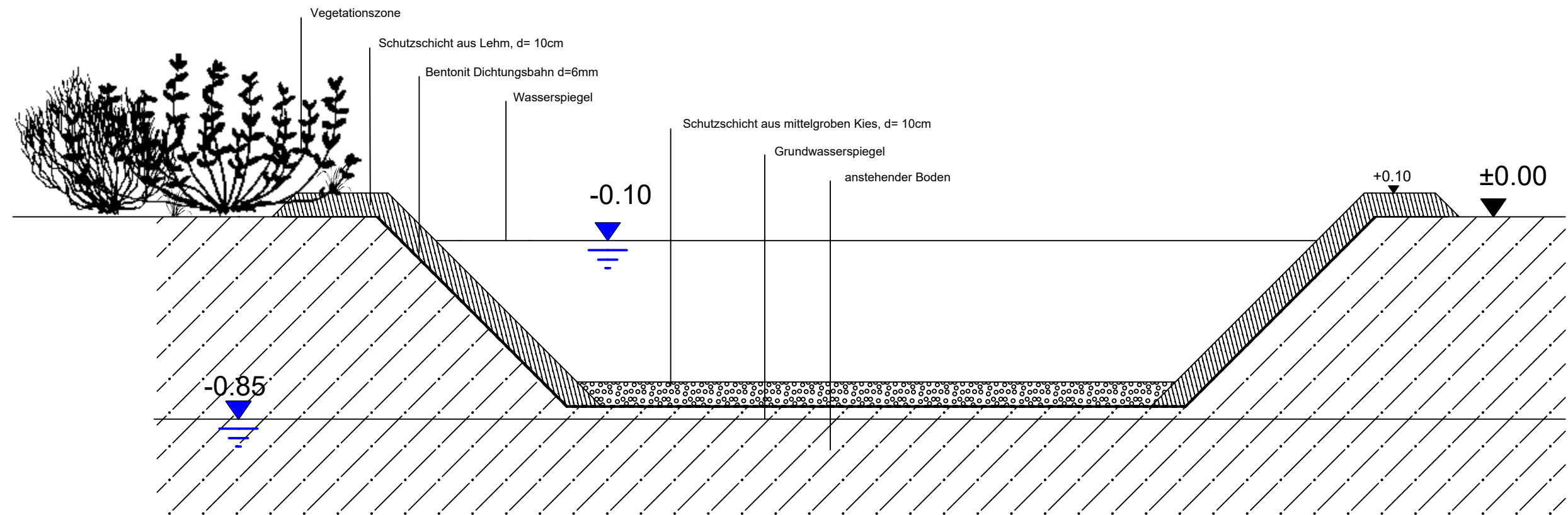
Bauschutt < 10%

Schiefer enthalten

25. Ort: _____ Unterschrift
Probennehmer

Datum _____ Unterschrift
Anwesende / Zeugen

17 Anhang 5 Pläne Teichquerschnitt



Planinhalt: Teichquerschnitt neu			Maßstab:	gezeichnet	Datum
			1:25	geprüft	Datum
Planungsstand: 20.05.2019	Index:	Projektnummer:	Plannummer:	Plandatum:	
Darstellungsart: Schnitt					
Prof. Dr.-Ing. M.Sc. Wehr		Tom Tautenhahn			
Bauherr		Verfasser			

18 Anhang 6 Angebote

Bodenentsorgung



Tom1234 . <tautenhahn.tom@gmail.com>

hypothetische Entsorgung Teichschlamm/Bodenaushub

Carina Friedel <zaso.friedel@t-online.de>
An: tautenhahn.tom@gmail.com

22. Mai 2019 um 10:44

Sehr geehrter Herr Tautenhahn,

wie eben telefonisch besprochen, würde die Entsorgung von Bodenaushub (170 504) der Deponieklassen I und II auf der Deponie Wiewärthe in Pößneck 36,20 €/t (brutto gleich netto) kosten. Dies trifft aber nur zu, wenn der Bodenaushub im ZASO-Verbandsgebiet anfällt und alle Zuordnungswerte der Deponieverordnung einhält. Das dies bei Ihrem Bodenaushub nicht der Fall zu sein scheint, müsste ein Antrag auf Ausnahmegenehmigung beim TLUBN gestellt werden.

Ich hoffe, ich konnte Ihnen weiterhelfen und verbleibe

--

Mit freundlichen Grüßen

Carina Friedel
Bereichsingenieurin Abteilung Technik

Zweckverband Abfallwirtschaft Saale-Orla

Wohlfarthstraße 7
07381 Pößneck

Tel.: 0 36 47 / 44 17 19
Fax: 0 36 47 / 44 17 44

zaso.friedel@t-online.de
<http://www.zaso-online.de>

Geschäftsleiter: Dr. Paul Cichonski
Verbandsratsvorsitzender: Michael Modde

Bentonitmatten

EGN-Bauzentrum Werdau GmbH & Co. KG

Baustoff-Zentrum Werdau
Uferstraße 3a • 08412 Werdau
Telefon: 0 37 61 / 18 08 22
Telefax: 0 37 61 / 18 08 23
E-Mail: baustoffzentrum@egn-werdau.de
Internet: www.egn-werdau.de



EGN-Bauzentrum Werdau GmbH & Co. KG • Uferstraße 3a • 08412 Werdau

Angebot

Beleg-Nr.: 19000641
Kunden-Nr.: 115665
Datum: 22.05.2019 0 000190 006417
Sachbearbeiter: Julian Schnabel
Email: baustoff@egn-werdau.de
Durchwahl: +49 3761 180822

Seite: 1

Artikel	Menge	Einheit	Preis	Gesamt EUR
eMail: 22.05.2019 12:37 baustoff@egn-werdau.de Geschäftsart: Lager Betriebsstätte: Baustoffzentrum Werdau			Absatzweg: Lager	
Pos. 1: 10401000 Bentofix NSP 4000 5,00 x 50 m VERKAUF NUR IN GANZEN ROLLEN!	500,00	m2	4,10	2.050,00

Zahlbar:	Netto	MwSt-%	MwSt	Endbetrag EUR
	2.050,00	19,00	389,50	2.439,50

Innerhalb 14 Tg. ohne Abzug

Geschäftsführer: W. B. Radbruch
Gerichtsstand: Chemnitz, HRA 8335
Komplementär: EGN-BMB Verwaltungs GmbH, HRB 9776

Bankverbindung: Sparkasse Zwickau
IBAN: DE 15 8705 5000 1020 0233 64
BIC: WELADED12W

Steuer-Nr.: 227 153 20901
USt-ID-Nr.: DE 165 466 215
Finanzamt: Zwickau

Faserarmierte geosynthetische Tondichtungsbahn (GBR-C)

Bentofix® NSP 4000



NAUE GmbH & Co. KG

Gewerbstraße 2

D – 32339 Espelkamp-Fiestel

Telefon: +49 5743 41-0 Telefax: +49 5743 41-240

E-Mail: info@naue.com Internet: www.naue.com

Bentofix® NSP 4000 ist eine vollflächig über alle Komponenten kraftschlüssig vernadelte, schubkraftübertragende Tondichtungsbahn (GBR-C), auch Bentonitmatte genannt. Der Deckvliesstoff ist im Kantenbereich von 50 cm an den Längsseiten mit Bentonit gefüllt. Die Längsüberlappungsbereiche von 30 cm sind auf der Trägerlage gekennzeichnet.

Eigenschaft	Prüfverfahren*	Einheit	Werte
Geotextillagen:			
Decklage (Polypropylen-Vliesstoff):			
Masse pro Flächeneinheit	DIN EN ISO 9864	g/m ²	220
Trägerlage (Polypropylen-Gewebe):			
Masse pro Flächeneinheit	DIN EN ISO 9864	g/m ²	110
Bentonitlage (Natriumbentonitpulver):			
Masse pro Flächeneinheit	DIN EN 14196 (ρ_{TON})	g/m ²	3.670
Quellvolumen	ASTM D5890	ml/2g	24
Fluid Loss	ASTM D5891	ml	≤ 18
Wassergehalt	DIN 18121 / ISO 11465 (5 Std., 105 °C)	%	ca. 10
Geosynthetische Tondichtungsbahn:			
Masse pro Flächeneinheit	DIN EN 14196 ($\rho_{\text{GBR-C}}$)	g/m ²	4.000
Schichtdicke	DIN EN ISO 9863-1	mm	6,0
Höchstzugkraft, md/cmd**	DIN EN ISO 10319 / ASTM D6768	kN/m	12,0 / 12,0
Dehnung bei Bruch, md/cmd**	DIN EN ISO 10319 / ASTM D6768	%	10,0 / 6,0
Verbundfestigkeit	ASTM D6496	N/10 cm***	≥ 60
		N/m	≥ 360
Stempeldurchdrückkraft	DIN EN ISO 12236	N	2.000
Durchlässigkeitsbeiwert (k_{10})	DIN EN 16416 / ASTM D5887	m/s	2×10^{-11}
Index Flux (q_{10})	DIN EN 16416 / ASTM D5887	(m ³ /m ²)/s	5×10^{-9}
Rollenabmessungen:			
Breite x Länge, / Durchmesser (z. B.)	-	m x m / m	5,00 x 50 / Ø 0,70

* = in Anlehnung an; **md = machine direction, cmd = cross machine direction; ***max. peak

Die aufgeführten technischen Daten sind Richtwerte, die in unseren Laboratorien und/oder bei Prüfinstituten erzielt wurden. Das Recht auf Produktänderungen ohne Ankündigung ist vorbehalten.