

02

**Bestimmung organischer Schadstoffe in
Abfall und Sickerwasser
Abfallanalytische Untersuchungen im Rahmen eines interdisziplinären
Deponierückbauprojektes**

**von der Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Technischen Universität Carolo-Wilhelmina
zu Braunschweig**

**zur Erlangung des Grades eines
Doktors der Naturwissenschaften
(Dr. rer. nat)**

**genehmigte
D i s s e r t a t i o n**

von
Jörg Fischer
aus Braunschweig

15

Inhaltsverzeichnis

1. VERZEICHNIS DER VERWENDETEN ABKÜRZUNGEN, GLOSSAR	1
1.1. ABKÜRZUNGEN VON UNTERSUCHTEN VERBINDUNGEN	1
1.2. WEITERE VERWENDETE ABKÜRZUNGEN UND BEGRIFFE	2
2. EINLEITUNG UND PROJEKTDESCHEIBUNG	4
2.1. EINLEITUNG	4
2.2. ENTWICKLUNG DER GESETZLICHEN RAHMENBEDINGUNGEN	6
2.3. DEPONIERÜCKBAUPROJEKTE	7
2.4. SCHADSTOFFE IN MÜLL, SICKERWASSER UND ELUATEN	9
2.4.1. <i>Abbaumechanismen im Müll</i>	9
2.4.2. <i>Phasenmodell</i>	10
2.5. VORHANDENE ANALYTISCHE VERFAHREN UND GRENZWERTE	14
2.5.1. <i>Vorhandene Untersuchungen zu Abfall- und Sickerwasserinhaltsstoffen</i>	17
2.6. PROJEKTDESCHEIBUNG UND ZIELSETZUNG	20
2.6.1. <i>Lysimetermodell und Vorgeschichte</i>	20
2.6.2. <i>Projektverlauf</i>	21
3. ABLEITUNG DER ANALYTISCHEN ZIELSETZUNG	24
4. EINTEILUNG DES PROJEKTES UND BESCHREIBUNG DER STOFFGRUPPEN UND SUMMENPARAMETER	25
4.1.1. <i>PAK</i>	26
4.1.2. <i>Phenole</i>	27
4.1.3. <i>Organische Säuren</i>	29
4.1.4. <i>Phthalate</i>	30
4.1.5. <i>Triazine</i>	31
4.1.6. <i>Total organic carbon (TOC)</i>	32
5. EXPERIMENTELLER TEIL - MATERIAL UND METHODEN	33
5.1. PROBENBEZEICHNUNG UND DURCHGEFÜHRTE UNTERSUCHUNGEN	33
5.1.1. <i>Probenbezeichnungen</i>	33
5.1.2. <i>Analysenüberblick</i>	33
5.2. VERWENDETE MATERIALIEN, CHEMIKALIEN UND GERÄTE	36
5.2.1. <i>Referenzsubstanzen und interne Standards</i>	36
5.2.2. <i>Lösemittel</i>	37
5.2.3. <i>Adsorbentien</i>	37

5.2.4. Weitere Chemikalien zur Aufarbeitung	37
5.2.5. Sonstige Materialien und Geräte	37
5.3. GERÄTEKONFIGURATIONEN UND SYSTEMPARAMETER	38
5.3.1. Gelpermeationschromatographie	38
5.3.2. TOC	38
5.3.3. Hochleistungsflüssigkeitschromatographie (HPLC)	39
5.3.4. Gaschromatographie mit Elektroneneinfangdetektor und Flammenionisationsdetektor	39
5.3.5. Gaschromatographie mit Ion-Trap-Detektor	40
5.3.6. Gaschromatographie mit massenselektivem Detektor und DOS-Workstation	41
5.3.7. Gaschromatographie mit massenselektivem Detektor und UNIX-Workstation	41
5.3.8. Trennsäulen für die Gaschromatographie	42
5.4. PROBENAHEME	43
5.5. PROBENVORBEREITUNG	44
5.6. EXTRAKTION	44
5.6.1. Extraktion von Sickerwasser und Eluaten	45
5.6.2. Extraktion von festen Abfallproben	47
5.7. CLEANUP	49
5.7.1. Gelpermeationschromatographie	49
5.7.2. Kieselgelsäule	50
5.8. BESTIMMUNG VON WIEDERFINDUNGSRATEN IN SICKERWASSER	51
5.9. INTERNER STANDARD (AUFARBEITUNGSSTANDARD)	53
5.10. TOC-BESTIMMUNGEN	54
5.10.1. Sickerwasser und Eluate	54
5.10.2. Feststoff	55
5.11. ANALYTIK UND QUANTIFIZIERUNG	55
5.11.1. Kalibrierung, Quantifizierung, Regressionsgraden	55
5.11.2. Screening - Untersuchungen	56
5.11.3. Phenole	57
5.11.4. Organische Säuren	58
5.11.5. Triazine	59
5.11.6. PAK	60
5.11.7. Phthalate und Dicrotophos	61
6. ERGEBNISSE UND DISKUSSION	62
6.1. LYSIMETER 7 - RÜCKSTANDSGEHALTE VOR, WÄHREND UND NACH DER ZWISCHENBEHANDLUNG	62
6.1.1. Organischer Kohlenstoffgehalt (TOC) im Sickerwasser, Eluat und Feststoff	63
6.1.2. Organische Säuren, Chlor- und Alkylphenole im Sickerwasser, Eluat und Feststoff	66
6.1.3. Semivolatile Verbindungen im Sickerwasser, Eluat und Feststoff (PAK, Triazine, Phthalate)	70

6.1.4. Zusammenfassung Lysimeter 7	73
6.2. LYSIMETER 5 - RÜCKSTANDSGEHALTE VOR, WÄHREND UND NACH DER ZWISCHENBEHANDLUNG	74
6.2.1. Organischer Kohlenstoffgehalt (TOC) im Sickerwasser, Eluat und Feststoff	74
6.2.2. Organische Säuren, Chlor- und Alkylphenole im Sickerwasser, Eluat und Feststoff	75
6.2.3. Semivolatile Verbindungen im Sickerwasser, Eluat und Feststoff (PAK, Triazine, Phthalate)	77
6.2.4. Zusammenfassung Lysimeter 5	79
6.3. LYSIMETER 2 - RÜCKSTANDSGEHALTE VOR, WÄHREND UND NACH DER ZWISCHENBEHANDLUNG	79
6.3.1. Organischer Kohlenstoffgehalt (TOC) im Sickerwasser, Eluat und Feststoff	79
6.3.2. Organische Säuren, Chlor- und Alkylphenole im Sickerwasser, Eluat und Feststoff	83
6.3.3. Semivolatiles im Sickerwasser, Eluat und Feststoff (PAK, Triazine, Phthalate)	86
6.3.4. Zusammenfassung Lysimeter 2	91
6.4. LYSIMETER 9 - RÜCKSTANDSGEHALTE VOR, WÄHREND UND NACH DER ZWISCHENBEHANDLUNG	92
6.4.1. Organischer Kohlenstoffgehalt (TOC) im Sickerwasser, Eluat und Feststoff	92
6.4.2. Organische Säuren, Chlor- und Alkylphenole im Sickerwasser, Eluat und Feststoff	94
6.4.3. Semivolatile Verbindungen im Sickerwasser, Eluat und Feststoff (PAK, Triazine, Phthalate)	98
6.4.4. Zusammenfassung Lysimeter 9	102
6.5. WEITERE UNTERSUCHUNGEN VON DEPONIESICKERWÄSSERN UND ZUSÄTZLICHEN PARAMETERN	103
6.6. VERGLEICHENDE BETRACHTUNGEN	105
6.6.1. TOC-Gehalte im Sickerwasser, Eluat und Feststoff	105
6.6.2. Organische Säuren, Chlor- und Alkylphenole im Sickerwasser, Eluat und Feststoff	108
6.6.3. Semivolatile Verbindungen im Sickerwasser, Eluat und Feststoff (Phthalate, PAK, Triazine)	112
6.6.4. Kriterien zur Beurteilung von Abfällen	115
7. ZUSAMMENFASSUNG	117
8. LITERATUR	119
ANHANG	129
I. SIEBANALYSEN UND STOFFGRUPPENVERTEILUNG DER LYSIMETER UND DES AUSSORTIERTEN ÜBERKORNS	129
II. TABELLENANHANG MATERIAL UND METHODEN	133
III. TABELLENANHANG LYSIMETER 7	137
IV. TABELLENANHANG LYSIMETER 5	144
V. TABELLENANHANG LYSIMETER 2	146
VI. TABELLENANHANG LYSIMETER 9	155
VII. VERGLEICHENDE ÜBERSICHTEN	158
VIII. TABELLENANHANG SCREENING	165
IX. NIEDERSCHLAG	174