

Hans Hermann Rump  
Bernd Scholz

# Untersuchung von Abfällen, Reststoffen und Altlasten

Praktische Anleitung für chemische,  
physikalische und biologische Methoden



Weinheim • New York • Basel • Cambridge • Tokyo

# Inhalt

Geleitwort v

Vorwort vn

Anschriften der Autoren XV

Liste der Abkürzungen xvii

## 1 Allgemeines 1

1.1 Besonderheiten der Untersuchung von Abfall- und Reststoffen 1

1.2 Rechtliche Aspekte 6

1.2.1 Begriffsdefinitionen im deutschen Abfallrecht 6

1.2.2 Abfallrecht und Chemikaliengesetz 9

1.2.3 Handhabung des Abfallrechts außerhalb Deutschlands 12

## 2 Probennahme 15

2.1 Das Problem repräsentativer Proben 15

2.2 Planung und Durchführung der Probennahme 21

2.2.1 Feststoffe 21

2.2.1.1 Feststoffe aus Verbrennungsanlagen 21

2.2.1.2 Feststoffe aus Hausmüll- und Sonderabfalldeponien 23

2.2.1.3 Heterogene Stoffmischungen aus Altlasten 26

2.2.1.4 Kontaminierte Bauwerkmaterialien 31

2.2.2 Schlämme 33

2.2.3 Flüssigkeiten 34

2.2.3.1 Sickerwasser aus Deponien 34

2.2.3.2 Kontaminiertes Grundwasser aus Altlasten und Altstandorten 37

2.2.3.3 Flüssige Sonderabfälle und Prozeßabwässer 41

2.2.4 Gase 46

2.2.4.1 Abgase aus Verbrennungsanlagen 48

## *Inhalt*

- 2.2.4.2 Gasförmige Verbindungen aus kontaminierten Böden/ Bodenluftmessungen 49
- 2.2.4.3 Gasförmige Verbindungen aus Deponien 54

2,3 Aufbewahren von Proben 56

## 3 Probenaufbereitung 59

- 3.1 Sortierverfahren für Haus- und Gewerbemüll 59
  - 3.1.1 Fraktionierung von Haus- und Gewerbemüll nach Stoffgruppen 59
  - 3.1.2 Fraktionierung von Abfällen, Reststoffen und Böden nach Korngröße 65
- 3.2 Gewinnung analysenfertiger Proben 68
  - 3.2.1 Trocknen 68
  - 3.2.2 Zerkleinern und Homogenisieren 70
- 3.3 Aufschlüsse von Probenmaterialien zur Elementbestimmung 73
  - 3.3.1 Veraschen als Aufschlußmethode für Alkali- und Erdalkalielemente 74
  - 3.3.2 Säureaufschlüsse zur Elementbestimmung, insbesondere von Schwermetallen 75
  - 3.3.3 Weitere Aufschlüsse zur Elementbestimmung 77
- 3.4 Eluionsverfahren 78
  - 3.4.1 Elutionsversuche mit demineralisiertem Wasser 81
  - 3.4.2 Elutionsversuche mit wäßrigen Lösungen 82
  - 3.4.3 Elutionsversuche in Säulen und Lysimetern 85
- 3.5 Extraktion mit organischen Lösemitteln 88

## 4 Analytik 91

- 4.1 Charakterisierungen und Anwendungsbereiche von Analysenverfahren 91
- 4.2 Übersichtsanalysen 99
  - 4.2.1 Elementanalysen 99
    - 4.2.1.1 Bestimmung der Elemente Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff, Schwefel und Phosphor 99
    - 4.2.1.2 Bestimmung der Halogene Chlor, Brom und Iod 101
  - 4.2.2 Röntgenfluoreszenzanalyse 102
  - 4.2.3 Infrarotspektrometrie 102
  - 4.2.4 Gaschromatographie mit massenspektrometrischem Detektor 104
  - 4.2.5 Pyrolyse-Massenspektrometrie und Pyrolyse-Gaschromatographie mit massenspektrometrischem Detektor 107
  - 4.2.6 Schnelltest-Verfahren 111

- 4.3 Physikalische und allgemeine chemische Kenngrößen 114
  - 4.3.1 Festigkeit 114
  - 4.3.2 Brennwert/Heizwert 115
  - 4.3.3 Entflammbarkeit und Brennverhalten 119
  - 4.3.4 Trocknungs- und Glühverlust bei Feststoffen 121
  - 4.3.5 Selbsterhitzung / Atmungsaktivität 122
  - 4.3.6 Dichte von Flüssigkeiten 124
  - 4.3.7 Gelöste und ungelöste Stoffe in Flüssigkeiten 125
  - 4.3.8 pH-Wert 126
  - 4.3.9 Elektrische Leitfähigkeit 127
  - 4.3.10 Redoxpotential 128
  - 4.3.11 Radioaktivität 129
  
- 4.4 Summenparameter 134
  - 4.4.1 Gesamter organisch gebundener Kohlenstoff (TOC) und gelöster organisch gebundener Kohlenstoff (DOC) 135
  - 4.4.2 Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB) und leicht abbaubare organische Kohlenstoffverbindungen 138
  - 4.4.3 Biochemischer Sauerstoffbedarf (BSB) 142
  - 4.4.4 Phenolindex 144
  - 4.4.5 Mineralölkohlenwasserstoffe und sonstige lipophile Verbindungen 148
  - 4.4.6 Adsorbierbare, extrahierbare und ausblasbare organische Halogenverbindungen (AOX, EOX, POX) 148
  - 4.4.7 Organisch gebundener Schwefel (OS) 153
  - 4.4.8 Tenside 156
  - 4.4.9 Huminstoffe 164
  - 4.4.10 Faserförmige Stoffe 168
  
- 4.5 Anorganische Einzelparameter 172
  - 4.5.1 Kationen 172
    - 4.5.1.1 Ammonium 172
    - 4.5.1.2 Natrium, Kalium, Magnesium, Calcium 175
    - 4.5.1.3 Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel, Zink (Bestimmung mit AAS) 177
    - 4.5.1.4 Elementbestimmung mit ICP-OES 184
    - 4.5.1.5 Arsen 188
    - 4.5.1.6 Quecksilber 190
    - 4.5.1.7 Thallium 195
  - 4.5.2 Anionen 197
    - 4.5.2.1 Chlorid 198
    - 4.5.2.2 Sulfat 199
    - 4.5.2.3 Nitrat 200
    - 4.5.2.4 Nitrit 202
    - 4.5.2.5 Phosphat 203
    - 4.5.2.6 Fluorid 204

- 4.5.2.7 Sulfid 207
- 4.5.2.8 Cyanide 211
- 4.5.2.9 Chromat 215
- 4.5.2.10 Ionenchromatographisches Meßverfahren für Anionen 217
  
- 4.6 Organische Einzelparameter 221
  - 4.6.1 Aliphatische Kohlenwasserstoffe 221
    - 4.6.1.1 Aliphatische Kohlenwasserstoffe mit IR-Spektrometrie 221
    - 4.6.1.2 Aliphatische Kohlenwasserstoffe mit Kapillar-Gaschromatographie 226
  - 4.6.2 Benzol und seine Homologen (BTEX-Aromaten) 230
  - 4.6.3 Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) 233
  - 4.6.4 Nitro-und Chlornitroaromaten 238
  - 4.6.5 Aliphatische und aromatische Amine 243
    - 4.6.5.1 Aliphatische Amine 244
    - 4.6.5.2 Aromatische Amine 248
  - 4.6.6 Metallorganische Verbindungen 253
    - 4.6.6.1 Zinnorganische Verbindungen 253
    - 4.6.6.2 Quecksilberorganische Verbindungen 260
  - 4.6.7 Leichtflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe (LHKW) 265
  - 4.6.8 Phenole und Chlorphenole 271
  - 4.6.9 Höhersiedende Chloraromaten und Organochlorpestizide 275
  - 4.6.10 Polychlorierte Biphenyle (PCB) und Stoffklassen mit ähnlichen chemisch-physikalischen Eigenschaften 283
  - 4.6.11 Polychlorierte Dibenzodioxine und Dibenzofürane 306
  - 4.6.12 Organostickstoff- und Organophosphor-Pestizide 318
    - 4.6.12.1 Triazine und organische Phosphorsäureester 321
    - 4.6.12.2 Phenylharnstoffe 326
  - 4.6.13 Explosivstoffe 330
  
- 4.7 Biologische Parameter 336
  - 4.7.1 Stoffwechsel und Toxizität 336
    - 4.7.1.1 Adenosintriphosphat (ATP) 337
    - 4.7.1.2 Elektronentransportsystem (ETS) 340
    - 4.7.1.3 Spaltung von Fluoresceindiacetat (FDA) 343
    - 4.7.1.4 Respirationshemmung und biologische Abbaubarkeit 345
    - 4.7.1.5 Wachstumshemmung von Leuchtbakterien 350
    - 4.7.1.6 Wachstumshemmung von Grünalgen 353
    - 4.7.1.7 Wachstumshemmung von Daphnien 355
    - 4.7.1.8 Toxische Wirkung gegenüber Fischen 357
  - 4.7.2 Mikroorganismen 359
    - 4.7.2.1 Gesamtzellzahl 360
    - 4.7.2.2 Koloniebildende Einheiten von Bakterien (KBE) 362
    - 4.7.2.3 Escherichiacoli und coliforme Keime 363
    - 4.7.2.4 Weitere hygienisch relevante Mikroorganismen 365

|       |  |     |
|-------|--|-----|
| 4.8   | Bestimmung gasförmiger Komponenten                             | 367 |
| 4.8.1 | Bestimmung gasförmiger Verbindungen mit tragbaren Meßgeräten   | 368 |
| 4.8.2 | Bestimmung gasförmiger Verbindungen mit stationären Meßgeräten | 370 |
| 5     | Analytische Qualitätssicherung                                 | 385 |
| 6     | Beurteilung von Untersuchungsergebnissen                       | 391 |
| 7     | Arbeitsschutz  | 395 |
| 8     | Literatur  | 403 |
| 9     | Stichwortverzeichnis   | 437 |