

FORSCHUNGS- UND ENTWICKLUNGSIINSTITUT FÜR INDUSTRIE- UND  
SIEDLUNGSWASSERWIRTSCHAFT SOWIE ABFALLWIRTSCHAFT E. V. STUTTGART

**INSTITUT WAR — Bibliothek —**  
Wasserversorgung, Abwassertechnik  
Abfalltechnik und Raumplanung  
Technische Universität Darmstadt  
Petersenstraße 13, 64287 Darmstadt  
TEL. 0 61 51/16 36 59 + 16 27 48  
FAX 0 61 51/16 37 58

10 SBS 146

**Arno Detter**

**Ein Beitrag zur Berechnung und  
Auslegung von Festbettadsorbern  
am Beispiel der  
Deponiesickerwasserbehandlung**

## Inhaltsverzeichnis

|   |    |
|---|----|
| Abbildungsverzeichnis.....  | 10 |
| Tabellenverzeichnis.....  | 15 |
| Nomenklatur .....   | 16 |
| <br>  |    |
| 1 Einleitung.....   | 22 |
| <br>  |    |
| 2 Grundlagen.....   | 24 |
| 2.1 Grundbegriffe der Adsorption .....                            | 24 |
| 2.1.1 Partikeldurchmesser.....                                    | 27 |
| 2.1.2 Scheinbare Dichte .....                                     | 28 |
| 2.1.3 Adsorberschüttichte.....                                    | 28 |
| 2.1.4 Hohlraumanteil .....  | 29 |
| 2.1.5 Äußere Oberfläche .....                                     | 29 |
| 2.1.6 Innere Oberfläche.....                                      | 30 |
| <br>  |    |
| 2.2 Adsorptionsgleichgewicht.....                                 | 31 |
| 2.2.1 Freundlich-Isotherme.....                                   | 32 |
| 2.2.2 Langmuir-Isotherme .....                                    | 33 |
| 2.2.3 Isothermen von Vielstoffgemischen.....                      | 34 |
| <br>  |    |
| 2.3 Adsorptionskinetik .....                                      | 36 |
| 2.3.1 Filmdiffusion .....   | 37 |
| 2.3.2 Korndiffusion .....   | 40 |
| <br>  |    |
| 2.4 Adsorptionsdynamik .....                                      | 45 |
| 2.4.1 Durchbruchskurve .....                                      | 45 |
| 2.4.2 Bilanzierung eines Festbettadsorbers .....                  | 49 |
| 2.4.3 Integrale Stoffbilanz.....                                  | 50 |
| 2.4.4 Differentielle Stoffbilanz.....                             | 52 |
| <br>  |    |
| 2.5 Berechnung der Durchbruchskurve eines Festbettadsorbers ..... | 54 |
| 2.5.1 Numerische Lösungsverfahren.....                            | 54 |
| 2.5.2 Berechnungsmethode nach Miura und Hashimoto .....           | 56 |
| 2.5.3 Berechnungsmethode nach Hand, Crittenden und Thacker .....  | 61 |
| 2.5.4 Biologische Vorgänge in Adsorbern .....                     | 63 |

|         |  |     |
|---------|--|-----|
| 2.6     | UV-Absorptionsmessung .....  | 65  |
| 2.6.1   | Spektraler Absorptionskoeffizient (SAK) .....  | 66  |
| 2.6.2   | Meßprinzip des Spektralen Absorptionskoeffizienten.....  | 67  |
| 2.6.3   | Einsatz der SAK-Messung zur Erfassung der organischen<br>Belastung von Deponiesickerwässern.....         | 69  |
| 3       | Entwicklung anwendungsorientierter Berechnungs- und<br>Auslegungsmethoden.....                           | 73  |
| 3.1     | Methoden zur Berechnung der Durchbruchskurve eines Adsorbers<br>bei dynamischen Betriebsbedingungen..... | 73  |
| 3.1.1   | Kumulierende Berechnungsmethode .....  | 75  |
| 3.1.2   | Entkoppelte Berechnungsmethode .....   | 80  |
| 3.1.3   | Zusammenfassung der neu entwickelten Berechnungsmethoden .....   | 86  |
| 3.2     | Berechnungsmethode zur Auslegung einer Adsorberkolonne .....   | 89  |
| 4       | Parameterbestimmung .....  | 97  |
| 4.1     | Physikalische Kenngrößen des Adsorbens .....   | 98  |
| 4.1.1   | Partikeldurchmesser.....   | 98  |
| 4.1.2   | Adsorberschüttgdichte.....   | 103 |
| 4.1.3   | Hohlraumanteil .....   | 104 |
| 4.2     | Kenngrößen des Adsorptionsgleichgewichts.....  | 105 |
| 4.2.1   | Freundlich-Isotherme.....  | 112 |
| 4.2.2   | Langmuir-Isotherme .....   | 113 |
| 4.3     | Kenngrößen der Adsorptionskinetik .....  | 114 |
| 4.3.1   | Filmdiffusion .....  | 114 |
| 4.3.1.1 | Experimentelle Bestimmung des Filmdiffusionskoeffizienten .....  | 114 |
| 4.3.1.2 | Berechnung des Filmdiffusionskoeffizienten mit<br>empirischen Korrelationen .....                        | 117 |
| 4.3.2   | Korndiffusion .....  | 120 |
| 4.4     | Einfluß der Parameter auf die Durchbruchskurve.....  | 126 |
| 4.5     | Zusammenfassung der Parameterbestimmung.....   | 131 |

|       |   |     |
|-------|---|-----|
| 5     | Verifizierung der neu entwickelten Berechnungsmethoden.....   | 133 |
| 5.1   | Zusammensetzung des Deponiesickerwassers .....  | 134 |
| 5.2   | Sickerwasserreinigungsanlage der Deponie A und Deponie B .....  | 138 |
| 5.3   | Versuche mit Laboradsorbern .....   | 140 |
| 5.3.1 | Versuch 1 .....   | 144 |
| 5.3.2 | Versuch 2 .....   | 148 |
| 5.3.3 | Versuch 3 .....   | 155 |
| 5.4   | Untersuchungen an großtechnischen Adsorbern .....   | 165 |
| 5.5   | Überprüfung der Auslegung einer Adsorberkolonne .....   | 172 |
| 5.6   | Zusammenfassung der Versuchsergebnisse .....  | 177 |
| 6     | Zusammenfassung .....   | 179 |
|       | Literaturverzeichnis .....  | 182 |
|       | Anhang .....  | 195 |
|       | Verzeichnis der in der Reihe „Stuttgarter Berichte zur Siedlungs-<br>wasserwirtschaft“ bisher erschienen Veröffentlichungen |     |