

W. A. R. — Bibliothek

Inv.-Nr. D 12066

Hermann H. Hahn

Technische Hochschule Darmstadt

Institut für Wasserversorgung,
Abwasserbehandlung und Raumplanung

- Bibliothek -

6100 Darmstadt, Petersenstraße 13

Wasser**technologie**

Fällung · Flockung · Separation

Mit 168 Abbildungen

Springer-Verlag
Berlin Heidelberg New York
London Paris Tokyo

Inhaltsverzeichnis

Einleitung

1	Gewässerschutz, Wassernutzung und Wasserreinigung	
1.1	Historische Entwicklung	3
1.2	Chemische Verfahren in der Wassertechnologie allgemein	7
1.3	Fällung, Flockung, Separation in der Abwasserreinigung	11

Grundlagen

2	Chemische Grundlagen der Fällung und Flockung	
2.1	Das Nebeneinander von Fällung und Flockung in der praktischen Anwendung	19
2.2	Fällung	21
2.2.1	Thermodynamische und kinetische Aspekte	21
2.2.2	Illustrationsbeispiele	24
2.2.3	Hinweise für die verfahrenstechnische Umsetzung	29
2.3	Flockung	32
2.3.1	Die Stabilität von Suspensa	32
2.3.2	Die Entstabilisierung von Suspensionen	36
3	Physikalische Grundlagen der Fällung und Flockung	
3.1	Begriffsbestimmung	46
3.2	Der geschwindigkeitsbestimmende Schritt	46
3.2.1	Kinetische Formulierungen der Koagulation mittels Brownscher Diffusion	46
3.2.2	Kinetische Formulierung der Koagulation infolge von Geschwindigkeitsgradienten	49
3.2.3	Vergleich zwischen experimentellen Beobachtungen und der von der Theorie vorhergesagten Ergebnisse	51
3.3	Die Messung des Flockungsvorganges	52
3.3.1	Direkte Beobachtung (Messung) von Partikelgröße und Konzentration	54
3.3.2	Indirekte Messung von Partikelgröße und Konzentration	55
3.4	Möglichkeiten der Anwendung der kinetischen Modelle auf reale Systeme	62

3.4.1	Der mittlere Geschwindigkeitsgradient	62
3.4.2	Die Wirksamkeit verschieden geformter Rührersysteme	63
3.4.3	Einfluß der Reaktionszeit	65
3.5	Grenzen der Anwendbarkeit des physikalischen Modells zur Beschreibung der Kinetik des Flockungsvorganges	68
3.5.1	Die Phänomene nichthomogener Energiedissipation und nichtuniformer Aufenthaltszeitverteilung in tatsächlichen Reaktoren	69
3.5.2	Das Phänomen der Heterodispersität von Suspensionen und dessen Einfluß auf die Aggregation	71
3.5.3	Von der Kugelgestalt abweichende Aggregatform und Aggregatporosität	75
3.6	In der Wassertechnologie beobachtete Abweichungen vom vorhergesagten Reaktionsverlauf	77
3.6.1	Tatsächliche Aggregation in Reaktoren mit nichtuniformer Energiedissipation und nichtuniformer Aufenthaltszeitverteilung	77
3.6.2	Tatsächliche Aggregation heterodisperser Suspensionen	79
3.6.3	Tatsächlicher Einfluß der Inhomogenität in Flockengröße und Flockenstruktur auf den Aggregationsprozeß	80
3.7	Schlußbemerkungen	81

Chemikalienzugabe

✓ 4 Auswahl der Chemikalien

4.1	Einsatzort und Chemikalienauswahl	85
4.2	Vergleich der Flockungsschemikalien	87
4.3	Die einzelnen Chemikalien im praktischen Einsatz	91
4.3.1	Calcium	91
4.3.2	Dreiwertiges Eisen (und oxidiertes zweiwertiges Eisen) und dreiwertiges Aluminium	94
4.3.3	Polyaluminium	97
4.3.4	Organische Polymere als Flockungsmittel	98
4.4	Weitere Entwicklungen	101

✓ 5 Einmischung der Chemikalien

5.1	Die Aufgabenstellung	104
5.2	Hinweise auf nicht optimale Einmischung	107
5.2.1	Bildung der flockungsaktiven Verbindung	107
5.2.2	Transport der Chemikalien in die Nähe des Reaktionspartners ..	111
5.2.3	Direkte Anlagerung des Fällungs- und Flockungsmittels an der Suspensaoberfläche	116
5.3	Konsequenzen für Entwurf und Betrieb	118

✓ 6 Reaktortyp und Reaktorform

6.1	Prozeßablauf und Reaktorentwurf	121
6.2	Idealisierte Reaktortypen	123

6.3	Reale Reaktoren – Durchströmungsmuster	129
6.4	Reale Reaktoren – Energiedissipationsmuster	134
6.5	Empfehlungen für den schrittweisen Entwurf unter Berücksichtigung von betrieblichen Korrekturen	140
6.5.1	Einflußgrößen	140
6.5.2	Entwurf und Betrieb	141

Flüssig/fest-Trennung

7 Verfahren zur Abtrennung von Feststoffen

7.1	Einleitung	147
7.2	Abtrennbarkeit	149
7.3	Verfügbare Verfahren der Abtrennung	156
7.3.1	Siebung	156
7.3.2	Filtration	157
7.3.3	Sedimentation	158
7.3.4	Flotation	159
7.3.5	Einsatzbereich der einzelnen Verfahren	160

8 Flüssig/fest-Trennung durch Filtration

8.1	Vorbemerkungen	163
8.2	Grundlagen der Beschreibung des Filtrationsprozesses	163
8.2.1	Massenbilanz	164
8.2.2	Kinetische Gleichung	164
8.2.3	Darstellung der Filterkonstante	165
8.2.4	Beschreibung des Druckverlustes	167
8.3	Verschiedene technische Varianten des Filtrationsprozesses	169
8.3.1	Einflußgrößen	169
8.3.2	Filterverfahren	171
8.4	Gesichtspunkte der Bemessung und des Entwurfs von Filtern ..	173
8.5	Leistungsfähigkeit des Filters	178

9 Flüssig/fest-Trennung durch Sedimentation

9.1	Vorbemerkungen	183
9.2	Grundlagen der Beschreibung des Sedimentationsverfahrens ..	185
9.2.1	Sedimentationsbewegung eines Körpers in einem ruhenden Medium (die Stokessche Beziehung)	185
9.2.2	Die Abscheidung eines sedimentierenden Körpers in einem Sedimentationsbecken (der Oberflächensatz)	187
9.2.3	Gesichtspunkte der Durchströmung des Sedimentationsreaktors (Hydraulik des Sedimentationsbeckens)	189
9.2.4	Der Sedimentationsprozeß in realen Absetzanlagen	191
9.3	Verfahrensausbildungen – Varianten des Sedimentationsreaktors ..	195
9.3.1	Rechteckbecken (ohne Einbauten)	197

9.3.2	Rundbecken (ohne oder mit Einbauten)	198
9.3.3	Rechteckbecken mit lamellen- oder rohrartigen Einbauten	199
9.4	Gesichtspunkte der Bemessung und des Entwurfs rechteckiger und runder Becken ohne Einbauten	200
9.5	Orientierende Angaben zur Leistungsfähigkeit der Sedimentation in Verbindung mit der Dosierung von Fällungs-/Flockungsschemikalien	204
10	Flüssig/fest-Trennung durch Flotation	
10.1	Vorbemerkungen	210
10.2	Grundlagen der Beschreibung des Flotationsprozesses	215
10.2.1	Teilprozesse	215
10.2.2	Reaktionsschritt 1: Generierung von Gasblasen	216
10.2.3	Reaktionsschritt 2: Anlagerung der Gasblasen	218
10.2.4	Reaktionsschritt 3: Aufwärtsbewegung	222
10.3	Verschiedene technische Varianten des Flotationsprozesses (Entspannungsflotation)	225
10.4	Gesichtspunkte der Bemessung und des Entwurfs von Flotationsanlagen	228
10.4.1	Bemessungs- und Entwurfsgrößen	229
10.4.2	Einbeziehung von Laborerfahrungen und Erkenntnissen aus halbtechnischen sowie großtechnischen Vorversuchen	230
10.5	Orientierende Angaben zur Leistungsfähigkeit des Flotationsprozesses in der Abtrennung von Fällungs- und Flockungsprodukten	235
11	Menge und Eigenschaften der abgetrennten Feststoffe	
11.1	Vorbemerkungen	239
11.2	Menge der abgeschiedenen Feststoffe	241
11.2.1	Der Feststoffstrom bei der Abwasserreinigung durch Fällung/Flockung	241
11.2.2	Feststoff- und Wassergehalte verschiedener Fällungs- und Flockungsschlämme	243
11.2.3	Im Kläranlagenbetrieb beobachtete Schlammengen	246
11.2.4	Steuerung der Eigenschaften der Fällungs- und Flockungsschlämme	248
11.3	Eigenschaften des Feststoff-Wasser-Gemisches	249
11.3.1	Praktisch verwendbare Parameter zur Beschreibung der Behandelbarkeit	249
11.3.2	Abtrennbarkeit	251
11.3.3	Schlammreindickung	251
11.3.4	Schlammreindickung	256
11.3.5	Hinweise auf Schlammbehandelbarkeit aus mikroskopischen Untersuchungen	261

Abschließende Bemerkungen

12 Aufwand, Wirksamkeit und Erfolg	
12.1 Ort- und Zeitspezifität von Leistungs- und Kostenangaben	265 ✓
12.2 Leistungsfähigkeit der durch Chemikaliendosierung unterstützten mechanisch-biologischen Reinigung häuslicher Abwässer	266
12.2.1 Leistungsfähigkeit des Verfahrens im Hinblick auf Klarwasserqualität	267
12.2.2 Mittlere Prozeßleistungsfähigkeit	268
12.2.3 Streubreite der Prozeßleistungsfähigkeit	269
12.3 Die Kosten der durch Chemikaliendosierung intensivierten Abwasserreinigung	275
12.3.1 Kosten für Chemikalien, Chemikalienlagerung und Chemikaliendosierung	276 ✓
12.3.2 Kosten der Flüssig/fest-Trennung nach Chemikaliendosierung, dargestellt am Beispiel des Flotationsverfahrens	277
12.3.3 Kosten für Behandlung und Beseitigung des zusätzlichen Schlamms aus der Chemikaliendosierung	278
12.3.4 Vergleich der einzelnen Kostenfaktoren	280 ✓
Literatur	283
Sachverzeichnis	291