

# INHALTSVERZEICHNIS

Vorwort .....	9
<b>1. Einleitung und geschichtlicher Überblick .....</b>	<b>11</b>
Literatur .....	13
<b>2. Ionenaustauschsorten .....</b>	<b>15</b>
2.1. Austauschertypen und ihre Herstellung .....	15
2.1.1. Mineralische Austauscher .....	15
2.1.2. Ionenaustauscher auf natürlicher organischer Basis .....	16
2.1.3. Ionenaustauscher auf Kunstharzbasis .....	17
2.2. Eigenschaften von Ionenaustauschern und die sie beeinflussenden Faktoren .....	26
2.2.1. Farbe, Dichte, mechanische Widerstandsfähigkeit .....	27
2.2.2. Korngröße .....	27
2.2.3. Aktive Gruppen .....	28
2.2.4. Kapazität .....	31
2.2.5. Selektivität .....	32
2.2.6. Vernetzungsgrad .....	33
2.2.7. Porengröße .....	34
2.2.8. Quellungsfähigkeit .....	35
2.2.9. Austauschgeschwindigkeit .....	37
2.2.10. Chemische Widerstandsfähigkeit .....	38
2.2.11. Einfluß der Temperatur auf Ionenaustauscher .....	39
2.2.12. Verhalten von Ionenaustauschern in nichtwäßrigen Lösungen .....	40
Literatur .....	41
<b>3. Theorie des Ionenaustausches .....</b>	<b>43</b>
3.1. Austauschgleichgewichte .....	43
3.2. Theorie der Selektivität .....	48
3.3. Adsorption von Elektrolyten .....	56
3.4. Adsorption von Nichteurolyten .....	58
3.5. Kinetik des Ionenaustausches .....	60
3.5.1. Kinetik der inneren Diffusion .....	63
3.5.2. Kinetik der Filmdiffusion .....	64
3.6. Energieänderungen beim Ionenaustausch .....	67
Literatur .....	69

<b>4. Anwendung von Ionenaustauschern im Laboratorium, Ionenaustauschersäulen</b> . . . . .	71
4.1. Nötige Laboratoriumsausrüstung . . . . .	73
4.2. Bereitung der Ionenaustauschersäulen . . . . .	76
4.3. Funktion der Säulen . . . . .	79
4.3.1. Ionenaustausch in Austauschersäulen. Durchbruchskapazität ..	79
4.3.2. Herablösen der an den Ionenaustauschern gebundenen Ionen. Regeneration . . . . .	83
4.3.3. Ionenaustausch-Chromatographie . . . . .	84
4.3.4. Mathematische Behandlung des effektiven Bodens und prakti- sche Anwendung der erhaltenen Beziehungen . . . . .	91
4.3.4.1. Elution geringer Mengen von Ionen . . . . .	92
4.3.4.2. Verdrängungsvorgänge an Austauschersäulen . . . . .	101
Literatur . . . . .	104
<b>5. Prüfung von Ionenaustauschern und Austauschersäulen</b> . . . . .	106
5.1. Prüfvorschriften der Ionenaustauscher . . . . .	106
5.1.1. Dichtebestimmung . . . . .	106
5.1.2. Bestimmung der Korngröße . . . . .	107
5.1.3. Bestimmung des Wassergehalts . . . . .	108
5.1.4. Bestimmung des Aschegehalts . . . . .	108
5.1.5. Aufnahme der Titrationskurve . . . . .	108
5.1.6. Bestimmung der Werte der Säure- bzw. Basenexponenten . . . . .	109
5.1.7. Bestimmung der Kapazität . . . . .	110
5.1.8. Bestimmung der Selektivität . . . . .	112
5.1.9. Untersuchung der Austauschgeschwindigkeit . . . . .	113
5.1.10. Bestimmung der Widerstandsfähigkeit . . . . .	114
5.2. Untersuchungsmethoden von Ionenaustauschersäulen . . . . .	115
5.2.1. Bestimmung der Durchbruchskapazität . . . . .	115
5.2.2. Bestimmung des zur Regeneration nötigen minimalen Lösungs- volumens . . . . .	116
5.2.3. Bestimmung des Zwischenraumkoeffizienten der Säule . . . . .	116
5.2.4. Bestimmung des Verteilungskoeffizienten . . . . .	117
5.2.5. Bestimmung der effektiven Bodenzahl . . . . .	118
Literatur . . . . .	118
<b>6. Ionenaustauscher in der quantitativen anorganischen Analyse</b> . . . . .	120
6.1. Methoden auf Grund von Totalaustausch von Ionen . . . . .	120
6.1.1. Bestimmung des Salzgehaltes. Bereitung von Säure- und Basen- maßlösungen . . . . .	120
6.1.2. Entfernung von störenden Ionen . . . . .	126
6.1.2.1. Beseitigung von Kationen neben Anionen . . . . .	127
6.1.2.2. Beseitigung von Anionen neben Kationen . . . . .	133
6.1.3. Anreicherung von Spurenelementen . . . . .	136
6.2. Chromatographische Trennungen . . . . .	141
6.2.1. Trennung von Metallionen an Kationenaustauschersäulen . . . . .	142
6.2.2. Trennung von Metallionen an Anionenaustauschersäulen . . . . .	153

6.2.2.1.	Trennungen mit Hilfe von organischen Komplexbildnern .....	154
6.2.2.2.	Trennungen mit Hilfe von anorganischen Komplexbildnern .....	156
6.2.2.3.	Trennungen mit Hilfe von Fällungsreaktionen .....	177
6.2.3.	Trennung von nichtmetallischen Ionen .....	178
6.3.	Redoxreaktionen an Ionenaustauschersäulen .....	184
6.4.	Weitere Anwendungen .....	189
	Literatur .....	211
<b>7.</b>	<b>Ionenaustauscher in der qualitativen Analyse</b> .....	<b>224</b>
7.1.	Beseitigung von störenden Ionen .....	224
7.2.	Trennung von Kationengruppen .....	225
7.3.	Mikrochemische Anwendungen .....	228
	Literatur .....	232
<b>8.</b>	<b>Anwendung von Ionenaustauschern in der organischen Analyse</b> .....	<b>234</b>
8.1.	Methoden mit Totalkationen- bzw. Totalanionenaustausch .....	234
8.1.1.	Austausch von Kationen gegen Wasserstoffionen .....	235
8.1.2.	Austausch von Anionen gegen Hydroxylionen .....	238
8.2.	Isolierung. Trennung von störenden Begleitstoffen .....	240
8.3.	Trennung auf Grund von Ladungsvorzeichen .....	247
8.4.	Trennungen durch Ionenaustausch-Chromatographie .....	252
8.4.1.	Trennung von Säuren, Phenolen und anderen Verbindungen mit saurem Charakter .....	252
8.4.2.	Trennung von Aminen und von Verbindungen mit basischem Charakter .....	254
8.4.3.	Trennung von Aldehyden und Ketonen .....	255
8.4.4.	Trennung von Zuckern, mehrwertigen Alkoholen und Polyoxyverbindungen .....	257
8.4.5.	Trennung von Aminosäuren, Peptiden und Eiweißstoffen .....	258
8.5.	Weitere Trennungungsverfahren .....	266
8.5.1.	Elektrolytvorlaufverfahren .....	266
8.5.2.	Aussalz- und Löslichkeitschromatographie .....	267
8.5.3.	Trennungen auf Grund der Ionen- bzw. Molekülgrößen .....	269
8.6.	Redoxreaktionen an Ionenaustauschersäulen .....	270
8.7.	Qualitative analytische Anwendungen .....	271
	Literatur .....	272
<b>9.</b>	<b>Weitere Anwendungen von Ionenaustauschern im Laboratorium</b> .....	<b>278</b>
9.1.	Messung einiger physikalisch-chemischer Daten von Elektrolyten .....	278
9.1.1.	Vorzeichen und Ladungszahl von Ionen. Zusammensetzung von Komplexen .....	278
9.1.2.	Bestimmung von Komplexstabilitätskonstanten .....	280
9.1.3.	Ionenaktivität .....	285
9.1.4.	Bestimmung von Dissoziationskonstanten .....	287

9.2. Reinigung von Lösungsmitteln und Reagenzien. Sammeln geringer Mengen von Ionen .....	287
9.2.1. Bereitung von ionenfreiem Wasser .....	287
9.2.2. Reinigung von anderen Lösungsmitteln und Reagenzien .....	290
9.2.3. Ansammeln von Ionen .....	290
9.3. Ionenaustauscher-Katalysatoren .....	290
Literatur .....	291
<b>10. Weitere Ionenaustauscher oder ähnliche Präparate und ihre Verwendung .....</b>	<b>293</b>
10.1. Spezifische Ionenaustauscher .....	293
10.2. Adsorbensharze und amphotere Ionenaustauscher .....	294
10.3. Flüssige Ionenaustauscher .....	297
10.4. Ionenaustauschermembranen .....	306
10.4.1. Theorie der Ionenaustauschermembranen .....	307
10.4.2. Verwendung von Ionenaustauschermembranen .....	311
10.4.2.1. Messung von Ionenaktivität .....	311
10.4.2.2. Elektrodialyse .....	313
10.5. Ionenaustauscherpapiere .....	316
10.6. Redoxharze .....	321
Literatur .....	323
Anhang .....	328
Namenverzeichnis .....	331
Sachverzeichnis .....	